

Produção de Pão a partir de Farinhas Extremes de Aveia

Marlita Figueirinhas Nobre

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Alimentar - Processamento dos Alimentos

Orientador: Doutora Sara Maria Martins Beirão da Costa Teixeira de Barros

Co-orientador: Doutora Maria Luísa D. Martins Beirão da Costa

Júri:

Presidente: Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Vogais: Doutora Maria Luísa D. Martins Beirão da Costa, Professora Catedrática Aposentada do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Doutora Paula Maria dos Reis Correia, Professora Adjunta da Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viseu.

Lisboa, 2013

Agradecimentos

A realização do presente trabalho só foi possível com o apoio e colaboração de algumas pessoas que, de alguma forma, contribuíram para o seu desenvolvimento.

À Doutora Sara Beirão da Costa Teixeira de Barros, minha orientadora científica, pela sua disponibilidade e pelos conhecimentos transmitidos durante a realização dos ensaios experimentais e análise de resultados.

À Doutora Maria Luísa Martins Beirão da Costa, minha co-orientadora, pelos conhecimentos transmitidos, sabedoria e partilha de experiências, pelo incentivo, compreensão e exigência, assim como por todo o apoio.

A todo o pessoal do laboratório do PAI, em particular à Engenheira Joaquina Pinheiro, à D. Maria Júlia e à Diana pelo apoio durante as análises laboratoriais e esclarecimento de dúvidas.

Ao João Francisco Pereira, meu colega da “pancada seca”, pelo constante apoio, convívio e companheirismo durante toda a realização deste trabalho.

À Andreia Henriques por todo o apoio, amizade, disponibilidade e ensinamentos que foram importantes para este trabalho como serviram para a minha vida.

À Sandra Santos, à Cláudia Carvalho, à Marta Beijoca, à Adriana Godinho e à Sara Silva pelo convívio, ajuda, companheirismo e animação nos momentos de maior desespero.

Ao Bruno Sales pelo apoio, amizade, força e pela partilha de experiência.

À Denise Lopes, à Helena Silva e ao Tiago Barroso pela amizade, boa disposição e companheirismo nestes últimos anos.

À Luciana Silva que, principalmente, nesta fase suportou todos os meus desabafos e desesperos, sendo mais que uma colega, pela paciência, ajuda, compreensão, companheirismo, e acima de tudo amizade.

Aos meus pais pelo apoio, carinho e pela oportunidade que me deram para que eu conseguisse chegar até aqui, pois sem eles nada disto seria possível, pela confiança que depositaram em mim e por acreditarem que eu conseguia chegar mais longe.

Ao meu irmão, aos meus avós, aos meus tios, à minha pequena e ao Fábio por todo o apoio nas horas mais difíceis, compreensão, afeto, e por acreditarem em mim, mesmo quando eu achava que não era possível.

A todos, um MUITO Obrigada!

Resumo

O mercado dos alimentos tem vindo a registar procura crescente de pães que respondam a necessidades relacionadas com a saúde. O presente trabalho visa contribuir para esta temática pela produção de pão de farinhas de aveia estremoas, atendendo à sua riqueza em componentes nutricionais e bioactivas. Visando otimizar as características do produto estudaram-se os efeitos de: granulometria da farinha, pré-tratamentos físicos (extrusão-cozedura e cozedura a vapor), emulsionantes e tempo de fermentação. O grau de hidratação a utilizar em cada caso foi determinado farinograficamente. Todos os pães produzidos foram avaliados para volume, textura e apreciação organoléptica.

Verificou-se que a granulometria da farinha afeta a dureza e a massa volúmica do pão, sendo os produzidos com a farinha mais grosseira os que apresentam valores mais elevados. Os pré-tratamentos apresentaram efeitos negativos. Dos emulsionantes o que se destacou positivamente foi o estearoil-2-lactilato de sódio (SSL). Conjugando estes resultados com os dos tempos de fermentação conclui-se que o pão com melhores características é o produzido com a farinha de maior granulometria, sem aplicação de tratamentos nem adição de emulsionantes, fermentado 30 minutos. Assim, é viável a produção de pão de aveia sendo possível melhorar as suas características nomeadamente pela modificação do grau de hidratação ou outros recursos tecnológicos.

Palavras-Chave: Aveia; Pão; Emulsionantes; Granulometria; Pré-tratamentos físicos; Tempo de fermentação

Abstract

The food market has been experiencing a growing demand for healthy bread in response to related needs. The present work aims to be a contribution to this topic by the production of pure oat flour bread having in mind its nutritional and bioactive components. Aiming to optimize the characteristics of the product, the effects of the flour particle size, physical pre-treatments (extrusion-cooking and steaming), action of different emulsifiers and fermentation time were studied. For bread production the flour hydration degree was determined using the Brabender Farinograph. All the produced breads were evaluated in terms of volume, texture and organoleptic assessment.

It was found that the flour particle size affected the hardness and the density of the breads. Those that were produced with the coarser flour were those showing the higher values. The pre-treatments exerted negative effects. With regard to the emulsifiers, the sodium stearoyl-2-lactylate (SSL) stood out positively. Combining these results with the fermentation times, it was concluded that the bread presenting better characteristics was the one produced with the coarser flour (2mm), without neither any physical treatment nor addition of emulsifiers, proofed for 30 minutes. Thus, it is feasible to produce oat bread. It should be remarked that the found results may be improved namely by changing the hydration degree or using other technological aids.

Keywords: Oat; Bread; Emulsifiers; Particle size; Physical pre-treatments; Fermentation time

Extended Abstract

The growing demand for food that, along with the nutritional balance, can answer to new consumer needs is actually well known. Oat is a versatile cereal from a nutritional point of view which can play an important role in the prevention and reduction of heart diseases, diabetes and cholesterol. In addition to these characteristics, this cereal can also be targeted for the market niche of people with celiac diseases. The products on the market for this restricted group are generally produced based on starches and other ingredients such as gums and thickeners leading to products that are very often nutritionally unbalanced.

This study aims to contribute to the development of nutritionally more efficient formulations allowing the production of low cost oat bread, accessible to any consumer.

The influence of the flour particle size, the application of physical pre-treatments, the addition of emulsifiers and the influence of the fermentation time in the produced breads characteristics were studied. Regarding the various breads, characteristics of texture, density and a brief organoleptic assessment were performed.

In order to achieve the targets, we proceeded, initially, grinding the grains in a knife mill, at different particle sizes, 0.5, 1 and 2mm. The flours with particles sizes 0.5 and 1mm were subjected to physical pre-treatments of extrusion-cooking and steaming. The process of extrusion-cooking was carried out in a laboratory extruder 20 DN from Brabender with a single screw, using two temperatures programs: 90°C-105°C-135°C and 90°C-110°C-150°C. The feeding and screw speeds were kept constant at 100 and 150 r.p.m., respectively. In the steaming process, the oat seeds were subjected to steaming for 30 minutes at 100°C, and subsequently oven dried at two combinations of times and temperatures, 1.30h at 75°C and 3h at 70°C. The degree of hydration applied to the flour was determined using a Brabender farinograph.

In addition to flour and water, the basic bread was made with compressed yeast (5%) and salt (3%). The kneading was carried out in the farinograph mixer for 12 minutes. In some formulations emulsifiers (Glycerol Monostearate - GMS, Sodium Stearoyl-2-Lactylate - SSL, methylcellulose and pectin) were added at different concentrations (0.5%, 1%, 2%), in order to study its effect on the final product.

After kneading, fermentation was conducted at 30°C for 45 minutes. To study the effect of the fermentation time in the final product, fermentation times of 20, 30 and 45 minutes were defined. Finally, 500 g of dough were placed into tins and baked in an electric oven for 50 minutes at 200°C.

Texture analysis was performed on a texturometer TA-XT.Plus (compression probe of 8mm and speed 1mm/s) and the analysed parameters were hardness and elasticity. Measurements were conducted at day zero and 24 hours later, to assess the performance during aging of bread.

In what respects texture Statistical Analysis of the results shows that significant differences are found between the samples. The breads that were more different were those in

which the flour was subjected to physical pre-treatments, showing a more cohesive crumb and a higher degree of hardness. The difference in particle size also showed to affect the hardness, the bread produced by flour with 2mm diameter particle size was the one presenting higher hardness. Regarding the addition of emulsifiers, some improvements were observed mainly when the SSL is the used emulsifier. Those breads yielded better hardness, being even more evident in breads where particle size flour of 2mm was used. Pectin was the emulsifier which showed the poorest results, producing worst results for the highest concentrations. When we tested the effect of fermentation time, it was found that the bread that was fermented during 45 minutes and at which SSL was added showed the lowest hardness, while the breads in which methylcellulose and pectin were added had the highest hardness. Regarding the level of elasticity, all formulations showed good resilience, around 70-80%. The above mentioned results, regarding hardness, are in agreement with what was observed in the evaluation of the density, as the higher the value of the density, the denser and harder the bread. In the study of the effect of the fermentation time, it was found that the less dense bread was the one which was fermented for 30 minutes. With the addition of SSL, the bread which had a higher volume was the one which was fermented for 20 minutes. The addition of pectin and methylcellulose lead to negative effects on the volume, on the loaf volume at all tested fermentation conditions.

In a first approach to an organoleptic evaluation, it was perceived that the particle size of the flours exerted a major effect because the bread produced with flour particle size of 2mm showed better taste compared to the bread produced with finer flour. All formulations showed a quite pleasant aroma.

Thus it can be concluded that the bread presenting best characteristics is the one produced with coarser flour, without application of any treatments or addition of emulsifiers, fermented for 30 minutes. However, SSL showed very interesting effects in terms of hardness reduction and in terms of the aging characteristics.

Thus, it is feasible to produce oat bread. It should be remarked that the found results may be improved namely by changing the hydration degree or using other technological aids.

Índice Geral

| | |
|---------------------------------------------------------------|------|
| Agradecimentos..... | i |
| Resumo | ii |
| Abstract | iii |
| Extended Abstract | iv |
| Índice de Figuras | viii |
| Índice de Tabelas | x |
| I. Introdução..... | 1 |
| II. Enquadramento teórico..... | 3 |
| 1. O pão..... | 3 |
| 2. Panificação | 4 |
| 2.1. Matérias-primas principais e secundárias | 4 |
| 2.2. Processo | 5 |
| 2.3. Papel do amido na panificação | 7 |
| 2.3.1. Gelatinização do Amido..... | 7 |
| 2.3.2. Retrogradação do amido | 8 |
| 2.4. Perspectivas e inovação de futuro para panificação | 9 |
| 3. Doença celíaca | 9 |
| 4. Produtos de panificação isentos de glúten..... | 11 |
| 4.1. Pão sem glúten..... | 13 |
| 5. Aveia | 13 |
| 5.1. Composição nutricional | 14 |
| 5.2. Benefícios do consumo aveia | 15 |
| 5.3. Aveia e Doença Celíaca | 16 |
| III. Desenvolvimento Experimental | 18 |
| 1. Materiais | 18 |
| 2. Métodos | 18 |
| 2.1. Moenda da aveia..... | 18 |
| 2.2. Pré-tratamentos aplicados à matéria-prima..... | 18 |
| 2.3. Métodos Analíticos | 19 |
| 2.4. Método de Panificação..... | 20 |
| 2.5. Condições experimentais | 21 |
| 2.6. Métodos de Caracterização do Pão | 23 |

| | | |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| IV. | Resultados e Discussão | 24 |
| 1. | Caracterização da matéria-prima | 24 |
| 2. | Determinação do Grau de Hidratação das farinhas | 25 |
| 3. | Caracterização do pão | 28 |
| 3.1. | Efeito da granulometria | 29 |
| 3.2. | Efeito dos pré-tratamentos | 32 |
| 3.3. | Efeito do processo tecnológico..... | 38 |
| 3.3.1. | Adição de melhorantes | 38 |
| 3.3.2. | Influência do tempo de fermentação..... | 53 |
| V. | Conclusões..... | 59 |
| VI. | Referencias Bibliográficas | 61 |
| | Anexos | I |
| | Anexo I – Análise do teor de cinza na farinha de aveia | II |
| | Anexo II – Tabela do teste de Tukey referente à variante granulometria | II |
| | Anexo III – Tabela do teste de Tukey referente à variante pré-tratamentos..... | III |
| | Anexo IV – Tabela do teste de Tukey referente à variante adição de emulsionantes, nas granulometrias 0.5, 1 e 2mm | V |
| | Anexo V – Tabela do teste de Tukey referente à variante adição de emulsionantes, com aplicação pré-tratamentos | VIII |
| | Anexo VI – Tabela do teste de Tukey referente à variante adição de emulsionantes, nas granulometrias 1 e 2mm | X |
| | Anexo VII – Tabela do teste de Tukey referente à variante tempo de fermentação..... | XIII |

Índice de Figuras

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Diagrama do processo de fabrico de Pão | 5 |
| Figura 2 – Formação da rede proteica do glúten | 6 |
| Figura 3 – Gelatinização do amido | 8 |
| Figura 4 – Espectro da má absorção e sintomas da doença celíaca | 10 |
| Figura 5 – Panícula da aveia e corte transversal do grão de aveia | 13 |
| Figura 6 – Diagramas das diferentes condições de produção do pão de aveia..... | 21 |
| Figura 7- Farinograma padrão da aveia..... | 25 |
| Figura 8 – Massa volúmica das formulações base em que se variou a granulometria | 30 |
| Figura 9 – Dureza e Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, das formulações em que se variou a granulometria das farinhas, com os respetivos níveis de significância (I)..... | 31 |
| Figura 10 – Dureza da côdea dos pães no dia 0 e no dia 1 das formulações em que se variou a granulometria das farinhas, com os respetivos níveis de significância (I) | 32 |
| Figura 11 – Massa volúmica das formulações em que foi aplicado tratamento físico.. | 34 |
| Figura 12 – Dureza do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se aplicou tratamentos físicos, com os respetivos níveis de significância (I)..... | 35 |
| Figura 13 – Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se aplicou tratamentos físicos, com os respetivos níveis de significância (I) | 36 |
| Figura 14 – Dureza da côdea dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se aplicou tratamento físico, com os respetivos níveis de significância (I) | 37 |
| Figura 15 – Massa volúmica das formulações em que foram utilizados melhorantes (0,5,1,2mm) | 41 |
| Figura 16 - Massa volúmica das formulações em que se utilizou pré-tratamentos físicos e melhorantes (0,5,1mm)..... | 42 |
| Figura 17 – Massa volúmica das formulações em que foram utilizados melhorantes (1 e 2 mm) | 42 |
| Figura 18 – Dureza do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (0,5,1 e 2mm), com os respetivos níveis de significância (I)... | 43 |
| Figura 19 – Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (0,5, 1 e 2mm), com os respetivos níveis de significância (I)..... | 45 |
| Figura 20 – Dureza da côdea no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (0,5, 1 e 2mm), com os respetivos níveis de significância (I) .. | 46 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 21 - Dureza do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações com pré-tratamentos em que se adicionou melhorantes (0,5 e 1 mm), com os respectivos níveis de significância (I) | 47 |
| Figura 22 - Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações com pré-tratamentos em que se adicionou melhorantes (0,5 e 1 mm), com os respectivos níveis de significância (I)..... | 48 |
| Figura 23 - Dureza da cõdea no dia 0 e no dia 1 dos pães de formulações com pré-tratamentos em que se adicionou melhorantes (0,5 e 1 mm), com os respectivos níveis de significância (I) | 49 |
| Figura 24 – Dureza do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (1 e 2 mm), com os respectivos níveis de significância (I) | 50 |
| Figura 25 – Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (1 e 2mm), com os respectivos níveis de significância (I) | 51 |
| Figura 26 - Dureza de cõdea dos pães no dia 0 e no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (1 e 2mm), com os respectivos níveis de significância (I)..... | 52 |
| Figura 27 – Massa volúmica das formulações em que se variou os tempos de fermentação..... | 55 |
| Figura 28 – Dureza (A) e Elasticidade (B) do miolo dos pães no dia zero, nas formulações em que se variou os tempos de fermentação, com os respectivos níveis de significância (I)..... | 57 |
| Figura 29 – Dureza da cõdea dos pães no dia zero, nas formulações em que se variou os tempos de fermentação, com os respectivos níveis de significância (I)..... | 58 |

Índice de Tabelas

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 – Composição nutricional da farinha e do farelo de aveia | 15 |
| Tabela 2 – Condições experimentais das formulações de pão produzidas | 22 |
| Tabela 3 – Composição química da aveia (% M.S)..... | 24 |
| Tabela 4 – Teor de humidade e a_w das farinhas com e sem aplicação de tratamento físico | 24 |
| Tabela 5 – Ensaio farinógrafo e respetivos graus de hidratação | 26 |
| Tabela 6 – Aspeto visual das formulações base em que se variou a granulometria | 29 |
| Tabela 7 – Aspeto visual das formulações em que foram aplicados pré-tratamentos físicos | 32 |
| Tabela 8 – Aspeto visual das formulações em que foi adicionado melhorantes..... | 38 |
| Tabela 9 – Aspeto visual das formulações em que se variou o tempo de fermentação | 53 |

I. Introdução

As tendências mundiais da alimentação nos últimos anos indicam um interesse e uma exigência acentuada por parte dos consumidores em relação aos problemas de saúde, derivado, muitas das vezes, das diferenças dos padrões de alimentação, mudanças nos hábitos de consumo e nos costumes. De modo a satisfazer estas exigências tem-se criado uma nova área de investigação nas ciências dos alimentos e da nutrição, em que responsáveis de produção de alimentos tentam encontrar formas de adicionar ingredientes funcionais a produtos já existentes (Holguín-Acuna *et al.*, 2008 e Oliveira, 2008). Os alimentos funcionais não têm uma definição única, porém a Comissão Europeia “Functional Food Science” (FuFoSe) afirma que só pode ser considerado funcional um alimento que, em conjunto com o impacto nutricional base, também tem efeitos benéficos sobre uma ou mais funções do organismo humano, assim como a melhoria das condições gerais, diminuindo o risco da evolução de doenças (Niva, 2007 e Siró *et al.*, 2008). Hoje em dia os alimentos não se destinam apenas a saciar a fome e fornecer os nutrientes necessários, mas também para prevenir doenças relacionadas com nutrição e para melhorar o bem-estar físico e mental dos consumidores (Menrad, 2003).

O pão, para além de apresentar elevado valor nutricional e de ser uma boa fonte de energia, é um alimento acessível a todas as classes socioeconómicas. É um alimento de primeira necessidade para a maioria da população mundial, embora nas últimas décadas o seu consumo tenha decrescido, resultando de fatores como mudanças de hábitos alimentares e escolha de outros substitutos, como os cereais de pequeno-almoço e “fast food” (Gellynck *et al.*, 2009). Com a alteração do quotidiano e com a evolução dos tempos, o pão sofreu avanços tecnológicos adaptando-se às novas necessidades dos consumidores e a novos grupos de mercado. Um desses grupos que tem vindo a crescer é o dos doentes celíacos, um grupo que vê restringido o consumo do pão de trigo ou de outros cereais que possuam “glúten”. Para dar resposta a este setor têm vindo a surgir os pães chamados de pães sem glúten, que representam um grande desafio para a indústria alimentar. Ainda hoje se trabalha para obter pães sem glúten com boas características sensoriais e físicas, apresentando uma boa miga e bom volume, de modo a aproximar-se das características do pão de trigo.

A aveia é um cereal que tem tido como destino sobretudo a alimentação animal, mas com os avanços e o reconhecimento da sua qualidade nutricional, tem vindo a ser valorizada e introduzida na alimentação humana como alimento. A composição base dos grãos de aveia é semelhante a de outros cereais, sendo que, esta contém geralmente mais proteína, gordura e fibra solúvel, para além de grandes quantidades de β -glucanas (León e Rosell, 2007). Este cereal apresenta também especial interesse para a saúde, pois pode ter efeito positivo na prevenção de doenças vasculares e diabetes.

Indo ao encontro de tudo o que foi exposto anteriormente o presente trabalho visou contribuir para a produção de um novo pão tirando partido dos benefícios da aveia.

Numa primeira fase do trabalho, procedeu-se à caracterização da matéria-prima e à determinação do grau de hidratação óptimo a aplicar às farinhas, recorrendo-se a um farinógrafo e determinando qual a formulação panar base para as formulações de pão. Na segunda parte do trabalho, procedeu-se à produção de pão, tendo-se estudado a influência: da granulometria das farinhas, de pré-tratamentos físicos (extrusão-cozedura e cozedura a vapor) e de condições de processamento, nomeadamente, à ação de emulsionantes e o tempo de fermentação das massas.

II. Enquadramento teórico

1. O pão

A “arte” da panificação existe há mais de 4000 anos, embora nem sempre da forma como a conhecemos hoje, mas sempre tendo como objetivo a produção de um alimento popular básico (Dewettinck *et al.*, 2008 citado por Barrett, 1975). A legislação portuguesa (Portaria 425/98) define pão como o produto obtido da amassadura, fermentação e cozedura, em condições adequadas, das farinhas de trigo, centeio, tritcale ou milho, estremes ou de mistura, de acordo com os tipos legalmente estabelecidos, água potável e fermento ou levedura, sendo ainda possível a utilização de sal e de outros ingredientes, incluindo aditivos, bem como auxiliares tecnológicos, nas condições legalmente fixadas. Atualmente, a aveia não é reconhecida como farinha panar, uma vez que a sua utilização foi desvalorizada. Porém, apelando à inovação e reconhecimento das suas características benéficas, espera-se que brevemente esta faça parte da legislação portuguesa.

Existem diversos tipos de pão, dos quais se podem destacar:

Pão de trigo: pão fabricado com farinha de trigo dos tipos 45,55,65,80 ou 110, água potável, sal e fermento ou levedura, podendo também ser utilizados farinhas de glúten, extracto de malte, açúcares e aditivos;

Pão integral de trigo: pão de trigo fabricado com farinha do tipo 150;

Pão de centeio: pão fabricado com farinha de centeio dos tipos 70, 85 ou 130, ou em mistura com farinhas de trigo dos tipos 65,80,110 ou 150, desde que a farinha de centeio seja utilizada numa incorporação superior a 50%, água potável, sal, fermento ou levedura, podendo também ser utilizados extractos de malte, farinha de malte, açúcares e os aditivos;

Pão de integral de centeio: pão de centeio fabricado com farinha de centeio do tipo 170;

Pão de tritcale: pão fabricado com farinha de tritcale, de acordo com o estabelecido para o pão de centeio;

Pão de mistura: pão fabricado com mistura de farinhas dos tipos 60, 80, 110 ou 150, de centeio dos tipos 70, 85, 130 ou 170 e de milho dos tipos 70, 100 ou 175, ou apenas com farinhas de dois destes cereais, com uma incorporação mínima de 10% de farinha de cada cereal, água potável, sal, fermento ou levedura, podendo ser utilizados farinhas de glúten, extracto de malte, farinha de malte, açúcares e aditivos;

Pão de milho ou broa de milho: pão de mistura em cujo fabrico seja utilizado predominantemente qualquer dos tipos de farinha de milho;

Pão especial: pão fabricado com qualquer dos tipos de farinha definidos em Portaria, estremes ou em mistura, água potável, sal, fermento ou levedura, podendo também ser utilizados farinhas de glúten, extracto de malte, farinha de malte, açúcares e aditivos.

Dependendo das matérias-primas usadas e da forma como são executadas as várias etapas do processo de fabrico, as características nutricionais do pão são variáveis, sendo, contudo, um alimento de elevado valor nutricional. É uma das maiores fontes de glúcidos complexos, sob a forma de amido, da alimentação humana, sendo igualmente fonte de

proteínas, fibras, lípidos, açúcares, minerais, vitaminas e aminoácidos, considerando-se um alimento fundamental para uma dieta equilibrada (Gellynck *et al.*, 2009).

2. Panificação

A indústria da panificação tem evoluído muito ao longo dos últimos 150 anos. As pequenas padarias artesanais que existiam, um pouco por toda a parte, abriram caminho para a indústria da panificação de alta tecnologia. Diferentes tecnologias de panificação foram desenvolvidas para responder às novas necessidades de mercado (Decock e Cappelle, 2005). Novos ingredientes têm sido introduzidos na composição do pão, enquanto uma constante pesquisa tem gerado um progresso impressionante na panificação.

2.1. Matérias-primas principais e secundárias

As matérias-primas principais para a produção de pão são: farinha, água, sal e levedura, sendo que cada um apresenta características específicas na panificação.

A quantidade de **água** adicionada nas farinhas varia consoante as propriedades das farinhas. Caso se adicione menor quantidade de água do que a referência, a massa obtida será firme e difícil de moldar, produzindo pães com pouco volume e com fraca aparência externa. Por outro lado, se a adição de água for em excesso a massa flui com muita facilidade e é difícil de moldar, obtendo-se pães de má qualidade. O nível óptimo de água a incorporar depende do teor em proteínas e do teor de amido. Farinhas provenientes de trigos fortes absorvem maiores quantidades de água que os trigos fracos. A água promove a interação entre as proteínas que dão origem ao glúten, participa no intumescimento do amido e permite criar um meio ideal que facilita a ação das enzimas (Cauvain, 2003; Kent, 1971 e Ponte 1971).

O **sal** é essencial no processo de panificação, pois favorece a conservação do pão, devido às suas propriedades higroscópicas, como agente antioxidante, oxida os pigmentos presentes na farinha tornando o miolo mais branco e confere sabor. Devido ao seu potencial de oxidação redução interfere directamente no glúten, fortalecendo-o e, conseqüentemente, melhora as características de viscoelasticidade da massa. A quantidade de sal tem de ser controlada, pois se for em excesso pode inibir a atividade da levedura e se for demasiado baixo pode reflectir-se nas características físicas da massa, tornando-a menos elástica e menos maleável (Cauvain, 2003; Stear, 1990; Ponte, 1971).

A **levedura**, mais frequentemente, utilizada em panificação é fresca prensada, produzida a partir da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. No processo de panificação, a sua principal função é a fermentação dos açúcares presentes na farinha produzindo CO₂. O gás produzido leva à expansão da massa, especialmente, durante a fermentação e no início da cozedura, sendo ainda responsável pela diminuição de pH e pelo desenvolvimento da massa. Os produtos secundários, tais como os álcoois, ésteres, aldeídos e cetonas contribuem para o gosto e aroma do pão. A capacidade fermentativa das leveduras está muito dependente das condições do meio, sendo que a pH inferiores a 3 e temperaturas superiores a 55⁰C não tem qualquer atividade (Cauvain 2003; Ponte, 1971).

Um vasto leque de matérias são consideradas como secundárias, sendo as mais utilizadas os *shortenings* e os melhorantes, sendo que dentro deste grupo se destacam os agentes oxidantes, redutores e os emulsionantes. Os **shortenings** são gorduras vegetais hidrogenadas que têm por função a lubrificação das massas, promovendo a retenção de gás e, consequentemente, o aumento do volume da massa, oferecem frescura, textura, aroma e cor. O nível a utilizar varia de acordo com o tipo de farinha, sendo que farinhas integrais requerem níveis mais elevados de adição de gordura do que as farinhas brancas. O termo **melhorante** abrange qualquer ingrediente adicionado para melhorar o potencial de uma dada farinha. Os melhorantes utilizados variam, mas por norma contém um ou mais dos seguintes ingredientes (Cauvain, 2003; Costa, 2011):

- ❖ Os **agentes oxidantes** são agentes de modificação das proteínas do glúten uma vez que promovem a sua ligação, melhoram a capacidade de retenção de gás das massas e o seu desenvolvimento, obtendo-se um pão com maior volume e maior suavidade da miga.
- ❖ Os **agentes redutores** são adicionados para enfraquecer a estrutura da massa, uma vez que promovem a ruptura das ligações do glúten. Estes são usados para redução da resistência à deformação da massa e para facilitar a moldagem e a definição da forma.
- ❖ Os **emulsionantes** têm uma ação ligante que proporciona um fortalecimento da massa garantindo massas de qualidade constante, lubrificam as massas e a sua actuação ocorre ao longo do processo de fabrico. O produto final apresenta boa estrutura de miga, bom volume e uma frescura e duração prolongada.

2.2. Processo

O diagrama de panificação, típico para o caso de farinhas de trigo, encontra-se representado na figura 1, sendo as etapas com mais destaque a mistura/amassadura, a fermentação e a cozedura.

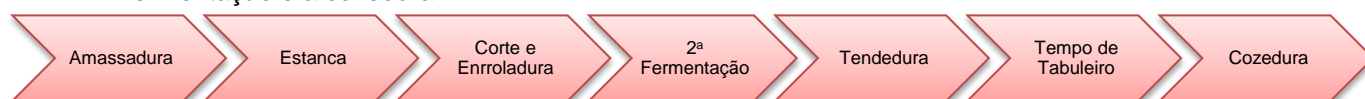


Figura 1 – Diagrama do processo de fabrico de Pão

A **amassadura** é a primeira etapa para o fabrico de pão. Esta etapa processa-se mecanicamente para promover a mistura e homogeneização de todos os ingredientes, possibilitar a hidratação da farinha e a incorporação de ar que irá permitir o desenvolvimento da massa. Durante a fase de hidratação a farinha apresenta um aspeto grumoso, tornando-se com a continuação da amassadura mais elástica e com menor tendência a aderir às paredes da amassadeira. A amassadura leva ao desenvolvimento do glúten, que é formado a partir da sua fração proteica, as gliadinas e as gluteninas (Fig.2). As gliadinas são proteínas de cadeias simples que quando hidratadas tem pouca elasticidade e são pegajosas, sendo estas as responsáveis pela coesividade das massas. As gluteninas são formadas por agregados de proteínas que quando hidratadas conferem elasticidade, força e firmeza à massa. Estas

proteínas ao serem hidratadas levam a um desenvolvimento das cadeias e a ação mecânica leva à perda da sua estrutura quaternária permitindo a interação entre as diferentes cadeias. As cadeias desenroladas passam a estar disponíveis para estabelecer novas ligações entre si e formar uma espécie de rede, o glúten (Bloskma e Bushuk, 1988; Costa, 2011).

Outro objetivo da amassadura é a distribuição das células de levedura e o arejamento da massa. O oxigênio incorporado vai constituir os núcleos de gás, os quais irão expandir durante a fermentação. Pode-se então dizer que uma eficiente amassadura é um fator imprescindível para obter uma boa massa, já que influencia a viscoelasticidade, o grau de dispersão dos ingredientes e a incorporação de ar (Bloskma e Bushuk, 1988; Canella-Rawls, 2003; Heller, 2009; Staufer, 1998; Costa, 2011).

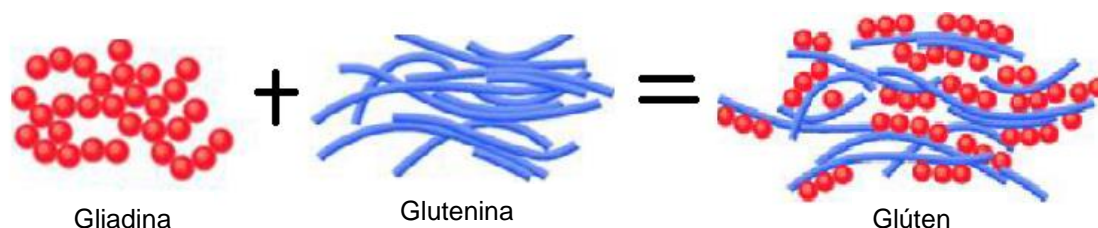


Figura 2 – Formação da rede proteica do glúten, Fonte: Quaglia, G., 1991

A **estanca** também denominada de fermentação prolongada é o período em que a massa se encontra em repouso e durante o qual a levedura exerce a sua função de converter os açúcares presentes na massa. Primeiro são utilizados os açúcares simples (glucose e frutose) e em seguida os provenientes da hidrólise da maltose, obtida a partir da ação das amilases presentes no amido. Nesta fermentação produzem-se álcool (etanol), gás (dióxido de carbono) e compostos secundários (ácidos orgânicos, álcoois e ésteres) que participam no sabor e aroma do pão. A rede de glúten é responsável pelo aprisionamento do dióxido de carbono que promove o aumento de volume da massa dada a sua elasticidade. Um dos problemas que pode ocorrer durante esta etapa e que tem um efeito prejudicial sobre o produto final é a sobrefermentação, que ocorre quando há excesso no tempo de fermentação. Os fatores que afetam a velocidade de fermentação são: a quantidade de levedura e o teor de sal, que quando adicionado em demasia atrasa a fermentação. Neste último caso, obtêm-se massas pegajosas e o pão apresenta uma còdea pálida e com forma irregular (Stear, 1990; Canella-Rawls, 2003; Heller, 2009; Costa, 2011).

As etapas que se seguem são o **corte** e a **enroladura**. O corte tem como objetivo dimensionar os empelos. Na enroladura gera-se uma superfície uniforme nos empelos de modo a minimizar as perdas de gás por difusão, redistribuir as células de gás, e ainda para facilitar o seu manuseamento para as fases que se seguem (Ponte, 1971; Costa, 2011).

Segue-se uma **2ª fermentação**, de curta duração (8-12 minutos), que tem como objetivo restaurar as características perdidas nas operações anteriores, uma vez que estas perturbaram a massa ocorrendo perdas de dióxido de carbono e alterações nas propriedades viscoelásticas da massa (Costa, 2011).

A **tendadura** é uma etapa crítica do processamento, uma vez que se trata do último manuseamento da massa. É nesta etapa que as células de gás formadas nas etapas anteriores são subdivididas e uniformemente distribuídas pelo empelo, pois é aqui que se dá a forma final ao produto, conforme desejado (Ponte, 1971).

Tempo de tabuleiro é um tempo de repouso, em que os empelos são colocados em estufa a temperatura adequada (36-38°C) e humidade relativa controlada (80-85%) durante cerca de 60 minutos, dependendo do tipo de pão, formulação e qualidade de farinha. Como se dá uma perda de gás na fase de tendadura, é essencial um descanso final com o objetivo de a massa readquirir um volume adequado, influenciando as características do produto final (Ponte, 1971; Costa, 2011).

A última fase, mas com grande relevância no processo de panificação é a **cozedura**. Nesta etapa os empelos são colocados no forno, a temperaturas entre os 180°C e os 220°C, durante um período variável de acordo com a dimensão dos empelos. Num primeiro momento desta fase, ocorre uma expansão da massa, devido a aumento da temperatura da massa, resultando numa maior atividade da levedura e, conseqüentemente, uma maior produção de gás. Os gases provenientes da fermentação aumentam de volume, o etanol e a água evaporam e o dióxido de carbono vai-se difundido até à superfície da massa, fazendo com que esta aumente de volume. Esta fase é denominada por *oven-spring* (Bloskma e Bushuk, 1988; Costa, 2011).

Quando se atinge a temperatura de 60°C, ocorre a morte térmica das células de levedura e inicia-se a gelatinização do amido e a coagulação das proteínas. Estes fenómenos levam à passagem da massa, um material predominantemente viscoso, para um material predominantemente elástico, o miolo. Devido à desnaturação das proteínas e à coagulação do glúten, a cerca de 70°C, a massa solidifica, fixando a estrutura do miolo (Heller, 2009; Costa, 2011). No final da cozedura, a temperatura do centro do pão rondará os 80°C e a da côrdea os 200°C. Estas temperaturas favorecem reacções que levam ao escurecimento da côrdea e ao desenvolvimento do aroma e sabor característicos do pão, como é o caso das reacções de caramelização dos açúcares, as reacções de *Maillard* e a dextrinização do amido (Ponte, 1971; Bloskma e Bushuk, 1988; Costa, 2011).

2.3. Papel do amido na panificação

2.3.1. Gelatinização do Amido

O amido tem pouca capacidade de absorver água, porém esta característica pode ser alterada por ação do calor. Quando se aquece uma suspensão de amido e água inicia-se um processo de quebra das pontes de hidrogénio, que unem as cadeias de amilose e de amilopectina, permitindo que os grânulos absorvam água e intumescam, aumentando a viscosidade da suspensão. O intumescimento dos grãos e, portanto, o aumento da viscosidade das soluções está relacionado com a quantidade de água presente. O enfraquecimento das ligações de hidrogénio, leva à uma desorganização das zonas centrais dos grânulos. As primeiras alterações ocorrem nas regiões amorfas, onde as ligações de hidrogénio são em

menor quantidade, e, portanto, mais susceptíveis, e só depois gelatinizam as zonas cristalinas. O processo de intumescimento dos grânulos do amido designa-se de gelatinização do amido. O intumescimento dos grânulos continua até que estes entrem em ruptura e a estrutura granular deixe de existir. Com a ruptura dos grânulos, a viscosidade decresce dando origem a uma pasta (Damodaran *et al*, 2010). Em panificação o processo de gelatinização ocorre na fase da cozedura a temperatura, entre os 60-90⁰C, transformando a estrutura viscoelástica da massa numa esponja sólida (Pateras, 1998).

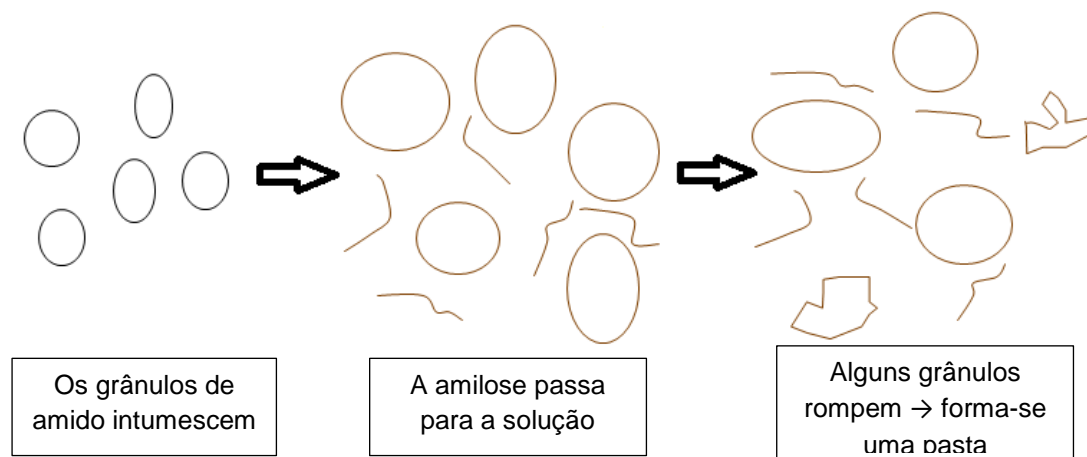


Figura 3 – Gelatinização do amido, Fonte: Costa, S., 2011

2.3.2. Retrogradação do amido

O arrefecimento da pasta produzida após a gelatinização do amido leva à formação de um gel firme e viscoelástico, uma vez que o amido se torna menos solúvel. A este processo dá-se o nome de retrogradação. A retrogradação do amido envolve a amilose e a amilopectina, sendo que a amilose retrograda mais rapidamente que a amilopectina. A taxa de retrogradação depende de muitas variáveis, entre as quais, a razão amilose amilopectina, a temperatura, a concentração de amido e da presença e concentração de outros ingredientes.

Tem vindo a ser feito um esforço considerável para a compreensão da retrogradação do amido devido ao seu impacto sobre os atributos texturais e nutricionais de alguns alimentos à base de amido. Um bom exemplo disso são os produtos de panificação, onde a perda de frescura no armazenamento, especialmente do sabor, é acompanhado por um endurecimento do miolo e uma perda de humidade, mesmo quando as condições de armazenamento são controladas.

O envelhecimento de produtos de panificação é percebido pelo aumento da firmeza do miolo e pela perda da percepção de frescura. O envelhecimento começa logo após a conclusão do processo de panificação e com o começo do arrefecimento do produto. A taxa de envelhecimento do produto depende da formulação, do processo de panificação e das condições de armazenamento. O envelhecimento deve-se à transição gradual do amido amorfo a um amido parcialmente cristalizado e retrogradado. Nos produtos de panificação, em que existe quantidade suficiente de humidade para a gelatinização dos grânulos de amido, a retrogradação da amilose pode ser completa durante o período de arrefecimento à temperatura

ambiente. A maioria dos lípidos polares com propriedades de superfície retarda o endurecimento do miolo pela formação de complexos com as moléculas poliméricas do amido. Em algumas situações são incorporados emulsionantes às massas de pão e de outros produtos de panificação de forma a aumentar o tempo de prateleira dos produtos (Damodaran *et al*, 2010; Kilcast e Subramaniam, 2000).

2.4. Perspectivas e inovação de futuro para panificação

Ao longo da última década, o desenvolvimento da produção de pão tem sido influenciado pelas necessidades dos consumidores, pelas alterações do estilo de vida, pelas mudanças demográficas, por uma maior preocupação com a saúde e pelas características sensoriais que os pães apresentam. A percepção e consciencialização de uma vida saudável têm aumentado, verificando-se, conseqüentemente, um aumento de consumo de pães com cereais integrais, de pães com adição de ingredientes funcionais e de pães com misturas de vários cereais, sendo este o rumo e o futuro promissor para a indústria de panificação.

Muitos pães funcionais estão disponíveis no mercado, por exemplo, pão enriquecido com cálcio, com fibra dietética, inulina, b-glucanas e oligossacarídeos (Brennan e Cleary, 2005), omega-3 (Yep *et al.*, 2002) e extracto de chá verde (Wang e Zhou, 2004). Outros dos requisitos pretendidos pelos consumidores são a obtenção de pães com menor valor calórico, mais fibra, menos sal e menor adição de aditivos (Meuser *et al.*, 1994). O pão ideal deve ter um índice glicémico baixo, ser uma fonte importante de proteínas, conter fibra dietética tolerável, vitaminas, magnésio e antioxidantes.

Outra vertente interessante, de que se tem vindo a trabalhar, é da comercialização de alimentos funcionais que acompanhem as fases de vida dos consumidores, referindo-se a produtos formulados de modo a responderem às necessidades nutritivas exigidas por exemplo por uma criança ou por uma mulher. Estes alimentos de panificação ainda são muito recentes mas o seu futuro é bastante promissor, esperando-se um crescimento para este tipo de produtos, focados, essencialmente, no sistema circulatório, saúde óssea e gastro intestinal (Dewettinck *et al.*, 2008, citado por Young, 2001).

Pode ser necessário a utilização de novos ingredientes para o desenvolvimento de pães com texturas e aparências semelhantes aos pães brancos de modo a poderem competir com a sua popularidade. Para tal, é necessário mais investigação sobre a influência de novos ingredientes e do valor nutricional do produto final (Dewettinck *et al.*, 2008).

3. Doença celíaca

A doença celíaca (DC) é uma enteropatia que afeta o intestino delgado de crianças e adultos geneticamente susceptíveis, desencadeada pela ingestão de alimentos que contém glúten.

A definição de glúten, para a DC tem um significado diferente, do que foi descrito anteriormente, pois para estes o que é relevante e o que os prejudica é uma fração de

prolaminas, nomeadamente, o peptídeo p31-43 ou 31-49 das α -gliadinas, na sequência de aminoácidos QQQPFP (Dias, 2007).

A DC apresenta um quadro clínico muito complexo e variável. A sintomatologia é classificada clinicamente como: clássica, onde há o predomínio de sintomas gastrointestinais; atípica, com predomínio de sintomas não gastrointestinais; e silente, assintomática apesar da presença de lesões no intestino (Jorge, 2005).

A progressão da lesão da mucosa foi primeiramente descrita por Marsh que transformou numa escala a classificação dos danos histológicos reflectindo os diferentes graus de atrofia das vilosidades e alteração inflamatória (Fig. 4). A classificação da DC segundo Marsh traduz as alterações histológicas detetadas em relação ao espectro da doença. No grau I e II não se observa praticamente nenhuma atrofia das vilosidades e poucas criptas hiperplásicas. Nos graus IIIa e IIIb verifica-se uma má absorção, com atrofia parcial das vilosidades e algumas criptas hiperplásicas e, por último, o grau IIIc mostra uma atrofia completa das vilosidades, má absorção extensiva e uma marcada hiperplasia das criptas (Rostom *et al.*, 2006).

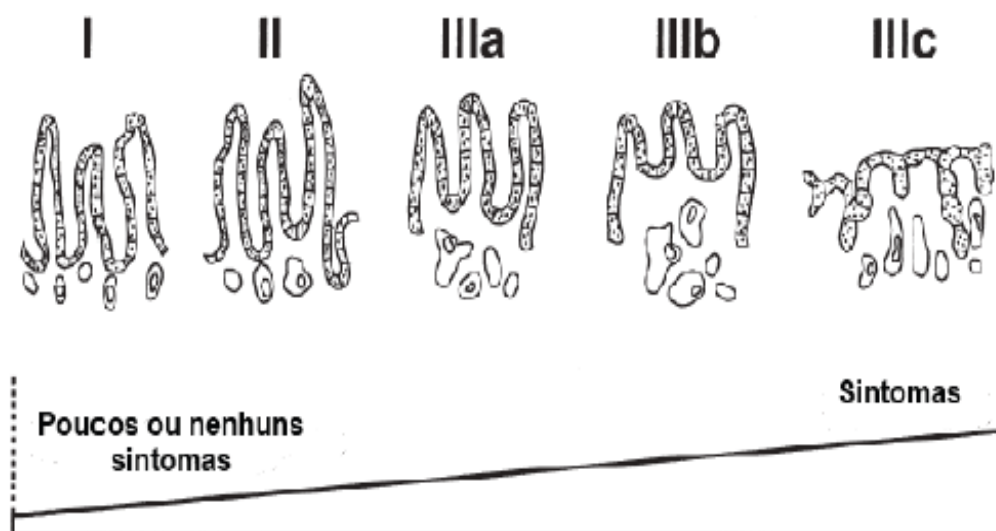


Figura 4 – Espectro da má absorção e sintomas da doença celíaca, Fonte: Adaptada de AGA Institute, 2006.

Avanços recentes têm aumentado a compreensão da base molecular para esta doença. Atualmente, o único tratamento disponível para os doentes celíacos é uma restrita dieta sem glúten. Porém o cumprimento deste tipo de dietas não é simples, uma vez que o glúten se encontra presente em muitos alimentos, especialmente o trigo que é o ingrediente base de produtos culturalmente populares, tais como pão, massas e bolos. Além disso, o glúten, devido às suas propriedades, é amplamente utilizado como aditivo e espessante na maioria dos alimentos processados, em caldos, marinadas, carnes processadas, enlatados, doce e medicamentos (Cureton e Fasano, 2009). O processo inflamatório desencadeado pode levar a uma absorção deficiente de vários nutrientes importantes. A recuperação clínica da mucosa intestinal, após a instituição de uma dieta sem glúten, é o principal objetivo após o diagnóstico (Nelson *et al.*, 2008).

Investigadores avaliaram o efeito da dieta isenta de glúten nos sintomas gastrointestinais em 215 pacientes, na Universidade de Iowa (EUA) com diagnóstico de DC, tendo concluído que com a eliminação de glúten na dieta, os pacientes apresentaram uma melhoria substancial e rápida dos sintomas (Murray *et al.*, 2004). Apesar da eficácia das dietas isentas de glúten, mudanças nos hábitos alimentares são difíceis de manter. Intervenções que tenham como objetivo melhorar o conhecimento sobre a DC e promover a identificação dos produtos que contêm glúten, provavelmente melhoraria a aceitação e, conseqüentemente a adesão à dieta por parte dos pacientes. Alguns estudos sugerem que a associação a um grupo de celíacos local parece ser eficaz na melhoria do cumprimento de uma dieta sem glúten (Leffler *et al.*, 2008; Lamontagne *et al.*, 2001).

A leitura dos rótulos alimentares é importante para o doente celíaco para que transgressões da dieta não sejam cometidas. De acordo com legislação europeia, o regulamento (CE) nº 41/2009 afirma que todos os géneros alimentícios industrializados que tenham como objetivo responder às necessidades das pessoas com intolerância ao glúten deverão conter obrigatoriamente no rótulo, as inscrições “teor muito baixo de glúten” ou “isento de glúten”, conforme o caso. Para fins de rotulagem, um produto só pode conter a inscrição «isento de glúten» se o teor de glúten não for superior a 20 mg/kg ou 20ppm no alimento. Essa medida facilita e transmite maior confiança aos doentes celíacos quanto à escolha dos alimentos para a sua dieta.

O fabrico de pães sem glúten coloca um grande desafio aos industriais e investigadores. Neste tipo de pães o papel exercido pelo glúten durante a preparação da massa tem que ser assumido por outros ingredientes na panificação sem glúten. Nos últimos anos, devido ao aumento do número de pessoas com doença celíaca, o mercado para produtos sem glúten tem vindo a aumentar rapidamente, sendo esta necessidade baseada na carência de produtos para doentes celíacos (Gallagher *et al.*, 2004). O crescente mercado impulsiona a indústria dos cereais para o aumento da produção de produtos sem glúten de alta qualidade. Para abastecer o mercado com estes novos produtos, desenvolvimentos e conhecimentos têm que ser efetuados (Heller, 2009; Schober, 2009).

4. Produtos de panificação isentos de glúten

A utilização de grãos alternativos para a produção de alimentos à base de cereais é justificada pelo elevado valor nutricional e das necessidades dietéticas de uma parte significativa da população humana (nomeadamente os doentes celíacos). O uso da farinha de trigo (*Triticum aestivum*) para consumo humano tem uma longa tradição, sendo dominante em muitos países. O trigo fornece aminoácidos essenciais, minerais, fitoquímicos benéficos e fibra dietética, sendo particularmente rico nas farinhas de trigo integral. O sucesso do trigo depende, principalmente, da sua fração proteica - o glúten, que é responsável pela formação de uma massa viscoelástica, que pode então ser transformado em pão, massas alimentícias e outros produtos alimentares. Esta fração de proteínas não é tolerada por pacientes que sofrem de doença celíaca. No entanto, há um número de cereais disponíveis, que não contêm glúten e

são, portanto, seguros para doentes celíacos. O mais usado na indústria das farinhas sem glúten, bem como para fins de pesquisa é a farinha de arroz (*Oryza sativa*). A farinha de arroz é uma fonte pobre em nutrientes, consiste em cerca de 80% de amido mas as suas proteínas não são consideradas tóxicas para celíacos (Hager *et al.*, 2012). O sorgo (*Sorghum bicolor*) e o milho (*Zea mays*) são mais duas espécies toleradas por estes doentes. Este último é cultivado em todo o mundo e ocupa a terceira posição a seguir ao trigo e ao arroz, no consumo mundial de grãos. Apesar dos muitos micro e macronutrientes do milho as quantidades de alguns nutrientes essenciais são inadequados. O sorgo tem sido negligenciado ao longo das últimas décadas e, atualmente, não desempenha um papel importante nos sistemas alimentares comercializados. Embora a composição e valor nutricional do sorgo seja semelhante ao de milho, as suas proteínas são em menor quantidade. O teff (*Eragrostis tef*) é uma cultura menor quando comparado com os acima mencionados, é originário da Etiópia, onde é usado para a produção de vários tipos de pão. A quinoa (*Chenopodium quinoa*) é uma cultura típica da região Andina e tem sido reconhecida como extremamente nutritiva, devido à boa qualidade e alta quantidade de proteína e de ácidos gordos essenciais (Wrigley *et al.*, 2004). O trigo sarraceno (*Fagopyrum esculentum*) também é interessante do ponto de vista nutricional, pois contém proteína de alto valor, fibra dietética, vitaminas essenciais e minerais. A quinoa e o trigo sarraceno não são verdadeiramente cereais, embora as suas sementes sejam ricas em amido e bastante semelhantes aos cereais, estes são denominados de pseudocereais (Hager *et al.*, 2012).

Misturas de amidos de diferentes tipos permitem obter formulações com diferente capacidade de absorção e retenção de água, viscosidade e capacidade de gelificação e dureza da pasta durante o arrefecimento, que se reflectem na qualidade do produto final. Com o objetivo de fornecer à massa uma rede que retenha os gases nos pães sem glúten, tem-se incorporado farinhas ou isolados proteicos de soja e ervilhas, proteínas de origem animal, como albumina ou proteínas lácteas (Pérez *et al.*, 2009). Têm-se observado que formulações sem glúten que contêm proteínas lácteas melhoram o volume, a forma, a textura e aceitação sensorial dos pães. A farinha de soja é um ingrediente usado com frequência, uma vez que as suas proteínas favorecem a incorporação e estabilização das bolhas de ar na massa, a fluidez da massa durante a expansão do gás e transforma a massa numa estrutura esponjosa durante o cozimento, produzindo um pão com bom volume, uma miga esponjosa e homogénea. Também se tem utilizado ovalbumina para melhorar a capacidade dos pães sem glúten, já que esta proteína tem a capacidade de formar uma boa estrutura proteica. De modo geral, a incorporação das proteínas melhora a qualidade nutricional dos produtos, devido ao aumento de quantidade e qualidade proteica (Pérez *et al.*, 2009).

Existe muita informação disponível sobre a composição química destes grãos de cereais ou outras alternativas, mas dados sobre a composição de farinhas sem glúten é escasso. Esta informação é relevante, porém os processos, tais como o descasque e a moagem, alteram significativamente o perfil de nutrientes (Hager *et al.*, 2012).

4.1. Pão sem glúten

A ausência de glúten na produção de pão tem uma enorme influência sobre a reologia da massa, influenciando, o processo de produção e a qualidade dos produtos finais. As massas sem glúten são muito menos coesas e elásticas do que a massa de trigo, são difíceis de manusear, são mais pegajosas, menos elásticas e pastosas (Cauvain, 1998). Os produtos finais mostram défices de qualidade quando comparados com pão de trigo. Apesar de as massas serem capazes de fermentar e o amido ser gelatinizado durante a cozedura, não se forma uma rede proteica forte, a nível de textura do produto o miolo é de pior qualidade desintegrando-se com maior facilidade, apresentando uma cor mais clara e os pães produzidos tem menor volume, uma vez que a capacidade de reter dióxido de carbono produzido é menor ou nula durante a fermentação. Como não ocorre a formação de ligações, como no pão de trigo, as moléculas de água não se ligam no miolo, difundindo-se muito mais rápido na massa dando origem a uma migalha firme e a uma còdea mais suave (Cauvain, 1998; Gallagher *et al.*, 2003). O tempo de prateleira é igualmente curto, a detecção de partículas na boca durante o consumo, a sensação de boca seca e um gosto não muito satisfatório também são algumas das desvantagens dos pães sem glúten (Arendt, 2002).

O desenvolvimento de novas tecnologias, a utilização de amidos, hidrocolóides e outros melhorantes, o uso de diferentes fibras, farinha integral, adição de vitaminas e minerais levam a um aumento do nível nutricional dos produtos sem glúten. Todos estes tratamentos e ingredientes permitem fabricar produtos de panificação sem glúten de melhor qualidade (Gallagher *et al.*, 2004; Houben *et al.*, 2012).

5. Aveia

A aveia *Avena* L. (*Poaceae*) é uma espécie que pertence à tribo de Aveneae da família Gramineae sendo a principal espécie cultivada a *Avena sativa* (Zwer, 2004). A sua morfologia e estrutura do grão são apresentadas na figura 5.

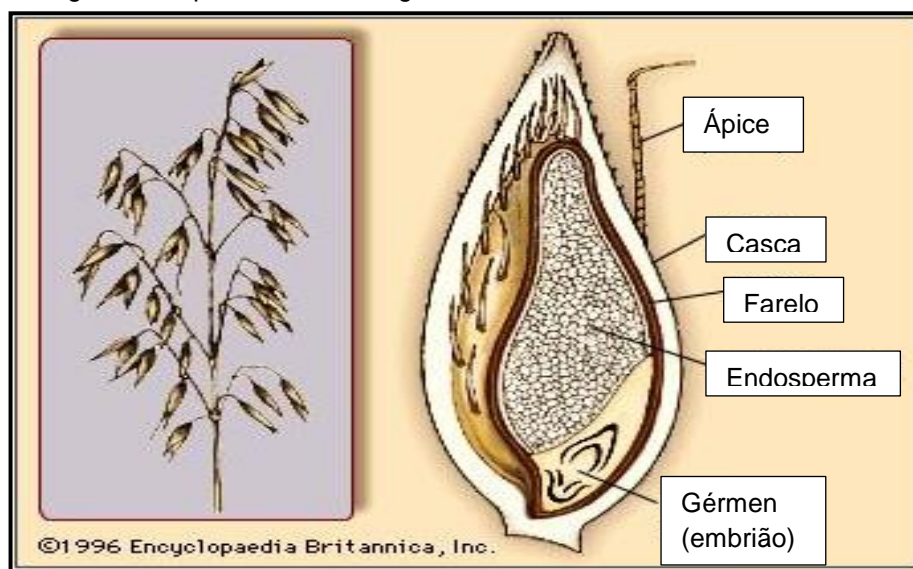


Figura 5 – Panícula da aveia (esquerda), corte transversal do grão de aveia (direita), Fonte: Encyclopaedia Britannica, 1996.

Por muito tempo, a aveia teve a reputação de ser um ótimo alimento para ração animal, mas um alimento de classe bastante baixa para alimentação humana. Este preconceito tem como base relatos históricos.

Este cereal é muito versátil, apresentando destinos diferentes. O grão é utilizado como forragem para alimentação animal, para alimentação humana, cosméticos e produtos farmacêuticos. A alimentação animal detém maioria do consumo de aveia, sendo os produtos à base de cereais para alimentação humana o segundo grupo que mais consome esta matéria-prima. Embora os produtos farmacêuticos sejam o grupo que menos utiliza a aveia estes têm um grande potencial de crescimento futuro. Os produtos alimentares produzidos a partir de aveia são geralmente obtidos a partir do grão inteiro após a remoção da casca, ou seja, com farelo. Os alimentos transformados mais comuns à base de aveia são os cereais de pequeno-almoço, papas infantis, *muesli*, bolachas, biscoitos, espessantes, e farinha. Novos produtos foram desenvolvidos recentemente para a produção de alimentos sem lactose que tem como base a aveia, como leite, gelado e iogurte. As proteínas da aveia têm sido utilizadas em muitos produtos alimentares, devido à sua viscosidade e às propriedades emulsionantes (Zwer, 2004; Martz, 1991).

A utilização de aveia como ingrediente na produção de produtos de panificação é favorável, uma vez que retém humidade, fazendo com que os produtos tenham maior tempo de conservação. Em formulações panárias, a substituição de 10% de farinha de trigo por farinha de aveia melhora as características fermentescíveis das massas e favorece a cor da crosta e o carácter brando da miga em pães levedados quimicamente (León *et al.*, 2007). Em farinhas compostas de trigo e aveia, a qualidade reológica das massas de panificação variam em função da quantidade de aveia introduzida. O desenvolvimento da massa, a força, a capacidade de retenção de água e o volume diminuem enquanto que a tolerância à amassadura, a capacidade de absorção de água e a estabilidade à amassadura aumentam com a quantidade de aveia adicionada na mistura. Os produtos de panificação que utilizam aveia como ingrediente atraem o mercado preocupado com a saúde, uma vez que esta proporciona proteínas e fibra dietética (León *et al.*, 2007).

5.1. Composição nutricional

Os grãos de aveia são ricos em proteínas, ácidos gordos insaturados e compostos fenólicos, assim como fibra dietética, amido, vitaminas e minerais (Ovando-Martínez *et al.*, 2013; Flander *et al.*, 2008). A aveia possui o maior conteúdo proteico de todos os grãos, sendo comparável com o teor da carne, leite e ovos. Os grãos de aveia apresentam cerca de 2-5 vezes mais gordura que o trigo, que se encontra principalmente no gérmen, sendo este rico em lipase, lipoxidase e outras enzimas hidrolíticas (León e Rosell, 2007). A longo prazo, as enzimas podem conduzir à hidrólise dos lípidos e resultar no sabor a ranço dos grãos. O amido desempenha um papel importante na maioria dos cereais, sendo também um componente importante nos grãos de aveia. A estrutura do amido afeta as propriedades de digestibilidade.

De um ponto de vista nutricional, a diminuição da taxa de digestibilidade do amido é importante na saúde humana para manter níveis adequados de glicose no sangue (Ovando-Martínez *et al.*, 2013). A aveia tem alcançado um crescente interesse científico e público, também, devido aos seus benefícios associados aos antioxidantes, sendo os mais conhecidos o seu teor em tocoferóis (Chu *et al.*, 2013).

As β -glucanas são o componente principal das fibras, solúveis em água, dos cereais e uma parte importante de fibra dietética da aveia. As β -glucanas são polissacarídeos não amiláceos compostos por moléculas de glucose em longas cadeias lineares de polímeros de glucose com ligações mistas β -(1 \rightarrow 4) e β -(1 \rightarrow 3), com uma distribuição aproximada de 70 a 30%. As β -glucanas estão mais concentradas no farelo, mais precisamente na camada de aleurona, correspondendo, geralmente, a 2-8% (peso seco) dos grãos de aveia inteira. O seu teor varia com o cultivar e com as condições de produção (Duss e Nyberg, 2004).

Na tabela 1, apresentam-se a composição da farinha integral de aveia e do farelo de aveia em relação ao teor de macronutrientes.

Tabela 1 – Composição nutricional da farinha e do farelo de aveia

| | Farinha de aveia integral | Farelo de aveia |
|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|
| Proteínas | 10 - 17 % | 13 - 24 % |
| Amido e açúcares | 56 - 62 % | 10 - 50 % |
| Gordura | 4 - 9 % | 5 - 14 % |
| Total fibra | 11 - 17 % | 15 - 32% |
| β - Glucanas | 2 - 7 % | 6 - 20 % |

Fonte: Oats and Health Organization, 2013.

5.2. Benefícios do consumo aveia

A Food and Drug Administration (FDA) aprovou uma alegação, em 1997, que relata que existe uma relação entre a redução dos níveis de colesterol no sangue e a redução dos riscos de doença cardíaca com o consumo de produtos de aveia, devido à presença de β -glucanas. Em 2011, a Comissão Europeia aprovou uma alegação em que alimentos que forneçam, pelo menos, 1 g de β -glucanas por porção (3g/dia) apresentam efeito benéfico para o consumidor, tendo-se constatado que as β -glucanas da aveia reduzem o colesterol no sangue, que em valores elevados é considerado um fator de risco para o desenvolvimento de doença cardíaca. Mais recentemente, em 2012, a Comissão Europeia afirmou que para reduzir os níveis de glucose no sangue é necessário que os alimentos contenham, pelo menos, 4 g de β -glucanas de aveia em cada 30 g de glúcidos numa porção quantificada como parte da alimentação, obtendo-se assim uma redução da resposta glicêmica após as refeições.

Além dos efeitos já conhecidos na redução do colesterol e da glicemia, a fibra dietética do farelo da aveia tem mostrado também efeitos positivos na saúde do intestino. Verifica-se um

efeito retardador do esvaziamento gástrico, diminuindo a absorção de nutrientes e prolongando a saciedade após a refeição. No intestino grosso, a fibra dietética solúvel aumenta a atividade fermentativa, o crescimento e a colonização de algumas estirpes bacterianas probióticas. Também aumenta o peso húmido das fezes, atenuando, assim, a obstipação. Os ácidos gordos de cadeia curta formados aumentam a proliferação de células da mucosa do cólon reduzindo o risco de cancro do cólon (Malkki e Virtanen, 2001).

A aveia apresenta na sua fração fenólica solúvel, de baixo peso molecular, compostos únicos enriquecidos em avenantramidas. Estes compostos fenólicos têm mostrado propriedades antioxidantes potentes, tanto *in vitro* como *in vivo*. Em testes a humanos e em animais foi demonstrado que os compostos apresentam capacidades anti-inflamatória, anti microbiana e ação vasodilatadora. Assim, os compostos fenólicos da aveia contribuem para a redução da doença cardíaca coronária (Meydani, 2009).

Os tocoferóis presentes nos grãos de aveia também apresentam propriedades benéficas, tais como, redução da concentração de colesterol e inibição do crescimento de algumas células cancerosas (Peterson, 2001).

Além disso, estudos recentes mostram que a aveia pode ser tolerada pela maioria das pessoas que sofrem de doença celíaca. Atualmente, o uso de produtos de aveia são seguros para uma dieta celíaca, tendo sido reconhecido em pelo menos três países, Finlândia, Reino Unido e Canadá (Grased e Scott, 2007).

5.3. Aveia e Doença Celíaca

Desde o trabalho pioneiro de Dicke, publicado em 1950, que o efeito tóxico do trigo e do centeio em pacientes com doença celíaca é conhecido. Três anos mais tarde, o mesmo grupo sugeriu que a aveia também poderia ser prejudicial para os pacientes com doença celíaca (Janatuinen *et al.*, 2002).

A questão de introduzir aveia na dieta sem glúten tem sido tema de debate há muitos anos. Pesquisas mostram que adultos com doença celíaca podem consumir quantidades moderadas de aveia sem nenhum efeito imunológico (Janatuinen *et al.*, 2000; Picarelli *et al.*, 2001), embora Kumar (1988), defenda que o consumo de uma pequena quantidade de glúten, a longo prazo, pode promover a volta dos sintomas. Janatuinen *et al.* (2002) avaliaram os efeitos clínicos e nutricionais que poderiam ser causados por uma dieta sem glúten, incluindo aveia. Depois de cinco anos, 23 pacientes ainda seguiam as recomendações da ingestão de aveia, em média 34g/dia, e 28 pacientes do grupo controle praticavam uma dieta livre de glúten convencional. Não foram encontradas diferenças significativas, entre os dois grupos, nos resultados de biopsia e dosagem de anticorpos. Os pacientes celíacos preferiram aveia na dieta sem glúten e o estudo foi a primeira evidência de que ingerir aveia, por longos períodos, é seguro para os doentes celíacos. Em outro estudo sobre a tolerância a grandes quantidades de aveia, 15 celíacos ingeriram, durante dois anos, uma média de 93g/dia, não se tendo registado nenhum efeito adverso (Storsrud, 2003).

As prolaminas são as principais proteínas presentes no trigo (gliadinas), no centeio (secalinas) e na cevada (hordeínas) enquanto que na aveia as principais proteínas são as globulinas, embora também contenha uma pequena fração de prolaminas (aveninas). As prolaminas constituem apenas 10-15% do teor total de proteína na aveia enquanto que no trigo estas representam 80% do conteúdo total da proteína na semente. Os problemas de toxicidade dos produtos de aveia, de modo geral, estão relacionados com a contaminação dos grãos com glúten de outros grãos, e, em alguns casos raros, devido à presença de duas sequências específicas de avenina (Klose e Arendt, 2011; Londono *et al.*, 2013).

Há cada vez mais dados clínicos que suportam a ideia de que a aveia pode ser incluída numa dieta isenta de glúten, tornando-se uma mais-valia para os doentes celíacos, uma vez que estes alimentos diversificariam a dieta e ao mesmo tempo forneceriam fibra, tiamina e zinco. No entanto, o maior problema que existe com os produtos de aveia disponíveis no comércio é o fato destes produtos estarem contaminados com trigo. A contaminação pode começar logo nos campos quando estes são cultivados juntamente com trigo ou cevada, ou pode ocorrer mais tarde durante o armazenamento ou no processamento. Para que tal não ocorra é necessário a implementação de uma cadeia de produção sem glúten para garantir que os produtos não são contaminados ao longo do seu processamento. Já se encontram implementados este tipo de linhas em alguns países nórdicos (Suécia e Finlândia), onde 70% dos pacientes comem regularmente aveia como um componente saudável da dieta (Gélinas *et al.*, 2008; Salovaara *et al.*, 2010).

Assim, e apesar da discussão ainda vigente, torna-se evidente que a aveia poderá constituir um alimento saudável mesmo no caso dos doentes celíacos.

III. Desenvolvimento Experimental

O presente estudo teve como objetivo a produção de pão, a partir de aveia. A aveia foi definida, como já referido, como base do produto devido as suas propriedades funcionais. O trabalho experimental foi desenvolvido em três fases:

- 1ªetapa – Estudo da influência da granulometria da farinha no produto final;
- 2ªetapa – Estudo da influência de pré-tratamentos físicos aplicados à aveia no produto final;
- 3ªetapa – Estudo da influência das condições de processamento no produto final;
 - ❖ Efeito dos emulsionantes;
 - ❖ Efeito do tempo de fermentação.

1. Materiais

Utilizou-se como matéria-prima aveia descascada adquirida no comércio (Rações Galvão S.A.), de variedade e produção da região do Oeste. Os emulsionantes utilizados foram: gliceril monoestearato de sódio (GMS), estearoil-2-lactilato de sódio (SSL), Metilcelulose (MC) Mx0209 Dow Wolff e pectina de baixo metoxilo (P) Genú Pectin LM 104. A levedura fresca usada (Levital) e o sal foram adquiridos no comércio.

2. Métodos

2.1. Moenda da aveia

Procedeu-se à moagem da aveia utilizando-se um moinho de facas Restsch (Type: SK 100 Standart), tendo-se usado diferentes crivos para obter diversas granulometrias. Foram usados os crivos de 0.5mm, 1mm e 2mm. Esta metodologia foi utilizada com o objetivo de avaliar a influência da granulometria das farinhas no produto final.

2.2. Pré-tratamentos aplicados à matéria-prima

Extrusão-Cozedura

O processo de extrusão-cozedura foi aplicado à farinha de aveia com o objetivo de avaliar se este tratamento levaria a alterações estruturais, nomeadamente na quebra/estabelecimento das ligações entre as proteínas da aveia.

Estes tratamentos foram realizados numa extrusora de laboratório 20 DN da Brabender equipada com um parafuso simples de Arquimedes com uma taxa de compressão de 3:1. As

farinhas de aveia foram condicionadas a 20% de humidade, tendo-se utilizado dois programas de temperatura nas várias secções da extrusora (T_1, T_2, T_3) de 90°C - 105°C - 135°C e 90° - 110°C - 150°C . As velocidades de alimentação e do parafuso foram mantidas constantes respetivamente a 150 rpm e 100 r.p.m..

Cozedura a vapor

O processo de cozedura a vapor foi aplicado aos grãos de aveia por ser um processo geralmente utilizado na produção de outros produtos de aveia, como por exemplo os flocos, e na perspectiva de melhorar as propriedades tecnológicas e sensoriais do produto final.

De modo a realizar o processo de vaporização, as sementes de aveia foram submetidas a vapor durante 30 minutos a 100°C , sendo posteriormente secas em estufa, a duas combinações de tempos e temperaturas: 1.30h a 75°C e 3h a 70°C .

2.3. Métodos Analíticos

Salvo em casos que serão identificados, todas as determinações analíticas foram realizadas no mínimo em triplicado.

Teor de humidade

O teor de humidade da aveia foi determinado por gravimetria, após secagem em estufa com circulação de ar à temperatura de 105°C , até se atingir peso constante.

Atividade da água (a_w)

A atividade da água das matérias-primas foi determinada com o auxílio de um aparelho Rotronic HYGROSKOP DT a 20°C .

Teor de gordura

A determinação do teor de gordura foi realizada por extração com éter de petróleo num extractor Soxhlet durante 8 horas.

Teor de proteína

A determinação do teor de proteína foi efetuada segundo o método de Kjeldhal. Utilizou-se como fator de conversão de azoto total em proteína o valor de 6,25.

Teor de cinza

A determinação do teor de cinza foi efetuada por incineração em mufla, a 500°C .

Caracterização das massas - Ensaio Farinógrafo

De modo a conhecer o grau de hidratação das matérias-primas e por conseguinte determinar a quantidade de água a adicionar nas diferentes formulações de pão, recorreu-se ao farinógrafo Brabender. Para tal procedeu-se como no ensaio de titulação com a farinha de trigo, adicionando-se água até atingir as 500 unidades Brabender (U.B.). Após se atingir esta consistência e para avaliar a forma como a massa se comportaria durante a amassadura, o ensaio farinógrafo foi prolongado durante 12 minutos.

2.4. Método de Panificação

Procedeu-se à amassadura de todos os ingredientes num farinógrafo Brabender durante 12 minutos. Apenas os pães produzidos para o estudo da influência do tempo de fermentação foram amassados numa amassadeira Edelstahl Rostfrei. Utilizou-se como fórmula panar base 100g de farinha de aveia, 3% de sal e 5% de levedura fresca prensada, sendo a quantidade de água adicionada de acordo com os resultados farinográficos. A esta formulação foram ainda adicionados diferentes emulsionantes em diferentes concentrações, como se apresenta no delineamento experimental (Tabela 2). Após a amassadura, foram colocados empelos de 500 g em formas tendo o tempo de tabuleiro sido realizado numa estufa P-Selecta a 30⁰C durante 45 minutos. No estudo da influência do tempo de fermentação foram utilizados os tempos de 20, 30 e 45 minutos. Os empelos foram cozidos num forno eléctrico Werner e Pfeleiderer, a 200⁰C durante 50 minutos.

Na figura 6 apresenta-se o diagrama do processo utilizado.

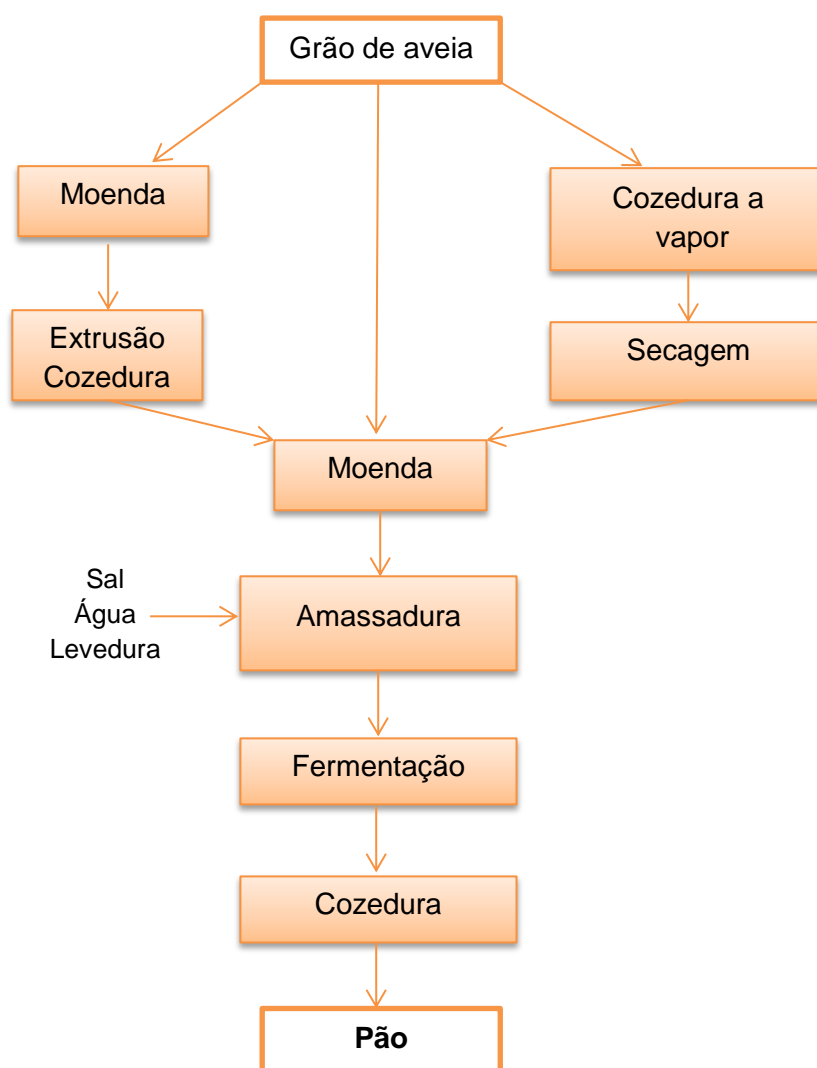


Figura 6 – Diagramas das diferentes condições de produção do pão de aveia

2.5. Condições experimentais

As condições experimentais utilizadas para estudo dos efeitos de granulometria, dos pré-tratamentos e alteração de processamento estão esquematizados na tabela 2.

Tabela 2 – Condições experimentais das formulações de pão produzidas

| Amostra | Granulometria (mm) | | | Pré-tratamentos | | | | Melhorantes (%) | | | | Fermentação (min) | | |
|------------------------------------------------------|--------------------|---|---|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-------------------|----|----|
| | 0,5 | 1 | 2 | E _{135°C} | E _{150°C} | C _{75°C} | C _{70°C} | M _{GMS} | M _{SSL} | M _{MC} | M _P | 20 | 30 | 45 |
| G _{0,5} | x | | | | | | | | | | | | | x |
| G ₁ | | x | | | | | | | | | | | | x |
| G ₂ | | | x | | | | | | | | | | | x |
| G _{0,5} E _{135°C} | x | | | x | | | | | | | | | | x |
| G _{0,5} E _{150°C} | x | | | | x | | | | | | | | | x |
| G _{0,5} C _{75°C} | x | | | | | x | | | | | | | | x |
| G _{0,5} C _{70°C} | x | | | | | | x | | | | | | | x |
| G ₁ E _{135°C} | | x | | x | | | | | | | | | | x |
| G ₁ E _{150°C} | | x | | | x | | | | | | | | | x |
| G ₁ C _{75°C} | | x | | | | x | | | | | | | | x |
| G ₁ C _{70°C} | | x | | | | | x | | | | | | | x |
| G _{0,5} E _{135°C} M _{GMS} | x | | | x | | | | 1 | | | | | | x |
| G _{0,5} E _{150°C} M _{GMS} | x | | | | x | | | 1 | | | | | | x |
| G ₁ E _{135°C} M _{GMS} | | x | | x | | | | 1 | | | | | | x |
| G ₁ E _{150°C} M _{GMS} | | x | | | x | | | 1 | | | | | | x |
| G _{0,5} M _{GMS} | x | | | | | | | 1 | | | | | | x |
| G _{0,5} M _{SSL} | x | | | | | | | | 1 | | | | | x |
| G _{0,5} M _{GMS/SSL} | x | | | | | | | 0,5 | 0,5 | | | | | x |
| G ₁ M _{GMS} | | x | | | | | | 1 | | | | | | x |
| G ₁ M _{SSL} | | x | | | | | | | 1 | | | | | x |
| G ₁ M _{GMS/SSL} | | x | | | | | | 0,5 | 0,5 | | | | | x |
| G ₁ M _{1%MC} | | x | | | | | | | | 1 | | | | x |
| G ₁ M _{2%MC} | | x | | | | | | | | 2 | | | | x |
| G ₁ M _P | | x | | | | | | | | | 2 | | | x |
| G ₂ M _{GMS} | | | x | | | | | 1 | | | | | | x |
| G ₂ M _{SSL} | | | x | | | | | | 1 | | | | | x |
| G ₂ M _{GMS/SSL} | | | x | | | | | 0,5 | 0,5 | | | | | x |
| G ₂ M _{1%MC} | | | x | | | | | | | 1 | | | | x |
| G ₂ M _{2%MC} | | | x | | | | | | | 2 | | | | x |
| G ₂ M _P | | | x | | | | | | | | 2 | | | x |
| G ₂ F ₂₀ | | | x | | | | | | | | | x | | |
| G ₂ F ₃₀ | | | x | | | | | | | | | | x | |
| G ₂ M _{GMS} F ₂₀ | | | x | | | | | 1 | | | | x | | |
| G ₂ M _{GMS} F ₃₀ | | | x | | | | | 1 | | | | | x | |
| G ₂ M _{SSL} F ₂₀ | | | x | | | | | | 1 | | | x | | |
| G ₂ M _{SSL} F ₃₀ | | | x | | | | | | 1 | | | | x | |
| G ₂ M _{GMS/SSL} F ₂₀ | | | x | | | | | 0,5 | 0,5 | | | x | | |
| G ₂ M _{GMS/SSL} F ₃₀ | | | x | | | | | 0,5 | 0,5 | | | | x | |
| G ₂ M _{1%MC} F ₂₀ | | | x | | | | | | | 1 | | x | | |
| G ₂ M _{1%MC} F ₃₀ | | | x | | | | | | | 1 | | | x | |
| G ₂ M _{2%MC} F ₂₀ | | | x | | | | | | | 2 | | x | | |
| G ₂ M _{2%MC} F ₃₀ | | | x | | | | | | | 2 | | | x | |
| G ₂ M _P F ₂₀ | | | x | | | | | | | | 1 | x | | |
| G ₂ M _P F ₃₀ | | | x | | | | | | | | 1 | | x | |

Legenda: G- granulometria da farinha; F- tempo de fermentação; E_{135°C} – extrusão-cozedura 90-105-135°C; E_{150°C} – extrusão-cozedura 90-110-150°C; C_{75°C}- cozedura e secagem 1.30h-75°C; C_{70°C} – cozedura e secagem 3h-70°C; GMS- gliceril monoestearato de sódio; SSL- estearoil-2-lactilato de sódio; MC- metilcelulose; P- pectina

2.6. Métodos de Caracterização do Pão

Volume

Para avaliação do volume do pão utilizou-se o método de deslocação de sementes, com sementes de colza. Mediu-se o volume de sementes necessário para encher as formas vazias e o volume de sementes para completar o volume da forma contendo o pão cozido. O volume do pão foi obtido por diferença dos volumes.

De referir, que devido a impossibilidade laboratorial, este método não foi realizado em triplicado.

Massa Volúmica

A massa volúmica do pão foi calculada com base na massa de cada pão e no seu respetivo volume, utilizando a fórmula: $\rho = \frac{massa(g)}{volume(cm^3)}$.

Textura

A determinação instrumental dos parâmetros de textura foi efetuada num texturómetro TA-XT.Plus da Stable Micro Systems. A dureza e a elasticidade do pão foram determinadas através de um teste de análise de perfil de textura (TPA), com uma sonda de 8mm, a uma velocidade de 1mm/s. Foram analisados 7 réplicas em cada formulação para o miolo e 3 réplicas para a côdea. Esta análise foi realizada no dia da produção do pão e 24 horas após a primeira análise, com o objetivo de avaliar o comportamento durante o envelhecimento do pão.

Análise Estatística

Para determinar a existência de diferenças significativas entre os valores obtidos na textura, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) one-way e analysis wizard, sendo realizado o teste de Tukey HSD, considerando-se em todos os casos um nível de significância de 5%, para diferenciação das amostras (p-value < 0,5). A análise estatística foi realizada com recurso ao Software *Statistica 7* (StatSoft).

IV. Resultados e Discussão

1. Caracterização da matéria-prima

Os resultados da composição química da aveia, expressa em matéria seca (M.S.), estão expostos na tabela 3.

Tabela 3 – Composição química da aveia (% M.S)

| Matéria | Humidade (%) | Gordura (%) | Proteína (%) | Cinza (%) |
|---------|--------------|-------------|--------------|-----------|
| Aveia | 12,7 | 9,7 | 9,3 | 1,2 |

A influência dos tratamentos aplicados à aveia, no que diz respeito ao teor de humidade e a_w , estão apresentados na tabela 4.

Tabela 4 – Teor de humidade e a_w das farinhas com e sem aplicação de tratamento físico

| Farinha | Humidade (%) | a_w |
|------------------------------------------------|--------------|-------|
| Granulometria 0,5mm | 8,8 | 0,38 |
| Granulometria 0,5mm extrudida 90-105-135°C | 11,3 | 0,56 |
| Granulometria 0,5mm extrudida 90-110-150°C | 9,0 | 0,45 |
| Granulometria 0,5mm cozida e seco 3h - 70°C | 8,8 | 0,51 |
| Granulometria 0,5mm cozida e seco 1.30h - 75°C | 11,9 | 0,59 |
| Granulometria 1mm | 10,4 | 0,57 |
| Granulometria 1mm extrudida 90-105-135°C | 12,5 | 0,55 |
| Granulometria 1mm extrudida 90-110-150°C | 10,7 | 0,56 |
| Granulometria 1mm cozida e seca 3h-70°C | 9,7 | 0,56 |
| Granulometria 1mm cozida e seca 1.30h-75°C | 13,6 | 0,56 |
| Granulometria 2mm | 10,9 | 0,51 |

Verificou-se que os tratamentos físicos utilizados influenciam a forma física como a água se encontra na farinha, uma vez que todas elas apresentam valores diferentes da percentagem de humidade em relação ao grão. Como se pode observar o teor de humidade mais baixo é o da aveia moída a 0,5mm podendo ser explicado pelo esforço requerido na moagem e pelo calor gerado. Como o crivo tem uma malha mais apertada é necessário que o grão permaneça mais tempo no moinho para obter esta dimensão, acabando a água por evaporar. A adicionar a este fato, também a maior superfície exposta da farinha de menor granulometria pode levar a maiores trocas. Esta é também a que apresenta menor a_w . Quando comparando com as outras granulometrias, a humidade apresenta maiores valores nas maiores granulometrias. Porém verifica-se que a a_w não apresenta a mesma orientação, pois a farinha de aveia moída num crivo de 2mm apresenta menor valor em relação a farinha de aveia 1mm.

A aveia extrudida, embora também tenha sido exposta ao calor, foi previamente condicionada a 20%, sendo esta a explicação para os valores de a_w serem mais elevados. Nas farinhas extrudidas de granulometria 0,5mm verifica-se que a que foi extrudida a temperatura mais elevada apresenta menor humidade e menor a_w . Nas farinhas de granulometria 1mm,

verifica-se menor humidade na que foi extrudida a temperaturas mais elevadas, embora o a_w se tenha mantido semelhante. Pode-se assim dizer que em maiores granulometrias a atividade da água não é alterada pelo aumento de temperatura de processamento.

Na farinha de aveia cozida verifica-se que, em ambas as granulometrias, a farinha que secou mais tempo, mas a temperatura mais baixa, apresenta menor percentagem de humidade. Em relação ao a_w , na farinha de granulometria 0,5mm há um aumento com maior temperatura de secagem durante menos tempo, sendo que na granulometria 1mm a farinha apresenta a mesma a_w .

Após observação dos valores da tabela 4, pode-se afirmar que o valor de humidade e a_w não variam da mesma forma, pois há casos em que a percentagem de humidade é elevada, contrariamente ao que acontece com a atividade da água. Veja-se como exemplo o caso das amostras sujeitas a cozedura: para as diferentes granulometrias, apesar de apresentarem percentagem de humidades diferentes, apresentam valores de a_w aproximados. Quanto à estabilidade das formulações e com base nos resultados encontrados pode concluir-se que este aspeto não constitui problema.

2. Determinação do Grau de Hidratação das farinhas

Para a determinação do grau de hidratação, como já foi referido, recorreu-se ao ensaio de titulação do farinógrafo, tal como se procede com o trigo. A quantidade de água adicionada varia com o tipo de farinha e indica a absorção de água da farinha em questão. Esta quantidade de água é definida como a necessária para obter as 500 U.B. Prosseguiu-se o ensaio durante 12 minutos após sua estabilização nas 500 U.B. para avaliar o desenvolvimento da consistência da massa durante a amassadura. Uma vez que não existe glúten os outros parâmetros avaliados pelo farinógrafo não eram necessários. Na figura 7 apresenta-se o traçado tipo, que foi obtido na farinha de aveia com granulometria de 0,5mm.

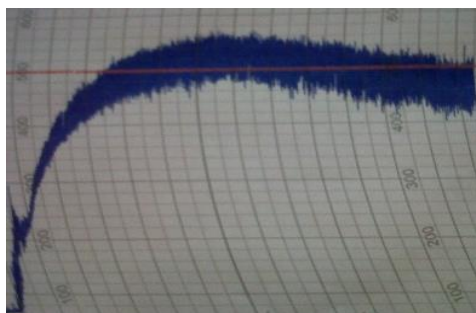
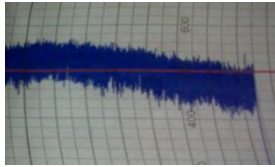
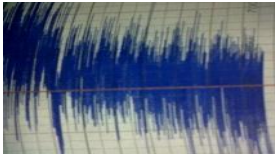
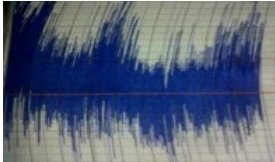
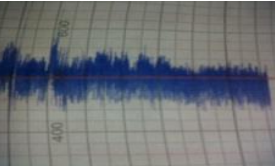
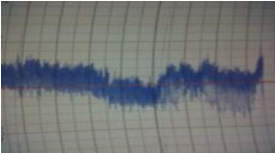
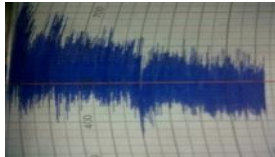
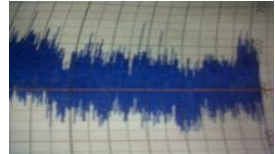
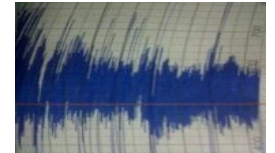
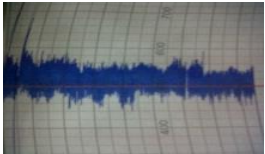
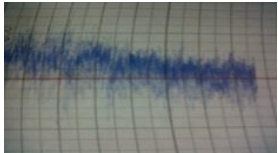
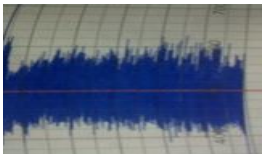


Figura 7- Farinograma padrão da aveia

Na tabela 5, apresenta-se os graus de hidratação e os respetivos ensaios farinográficos a partir do momento em que a massa estabiliza nas 500 U.B.

Tabela 5 – Ensaio farinógrafo e respectivos graus de hidratação

| Farinha | Grau de Hidratação (%) | Farinograma |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometria 0,5mm ($G_{0,5}$) | 66 |  |
| Granulometria 0,5mm extrudida 90-105-135°C ($G_{0,5}E_{135^{\circ}C}$) | 78 |  |
| Granulometria 0,5mm extrudida 90-110-150°C ($G_{0,5}E_{150^{\circ}C}$) | 88 |  |
| Granulometria 0,5mm cozida e seco 3h - 70°C ($G_{0,5}C_{70^{\circ}C}$) | 140 |  |
| Granulometria 0,5mm cozida e seco 1.30h - 75°C ($G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$) | 153 |  |
| Granulometria 1mm (G_1) | 59 |  |
| Granulometria 1mm extrudida 90-105-135°C ($G_1E_{135^{\circ}C}$) | 78 |  |
| Granulometria 1mm extrudida 90-110-150°C ($G_1E_{150^{\circ}C}$) | 96 |  |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometria 1mm cozida e seca 3h-70°C (G ₁ C _{70°C}) | 124 |  |
| Granulometria 1mm cozida e seca 1.30h-75°C (G ₁ C _{75°C}) | 122 |  |
| Granulometria 2mm (G ₂) | 59 |  |

Nas farinhas em que não se aplicou qualquer tipo de tratamento e em que apenas se fez variar a granulometria verificou-se que o grau de hidratação é menor nas granulometrias maiores. Isto pode dever-se ao fato de na moagem a 0,5mm o farelo poder estar quebrado em frações mais pequenas e a fibra solúvel se encontrar mais disponível. Adicionalmente, o amido pode também encontrar-se mais danificado levando a que aumente a absorção de água, uma vez que há um aumento da superfície exposta dos grânulos de amido (Hager *et al.*, 2012).

Nas farinhas em que se procedeu ao processo de extrusão-cozedura, as que apresentam maior grau de hidratação foram as sujeitadas a temperatura mais elevadas (90°C-110°C-150°C). Esta constatação está de acordo com os resultados de Rayas-Duarte *et al.* (1998) que verificou que a extrusão-cozedura aumentava a capacidade de absorção de água em misturas de farinha de trigo sarraceno, sendo que este fato se deve, possivelmente, à alteração do amido, induzida pela gelatinização durante a extrusão. Ainda de salientar que se observou um aumento no grau de hidratação, determinado como ótimo (para atingir as 500 U.B.), da farinha de aveia extrudida em relação à de aveia sem tratamento, provavelmente pelo aumento das β -glucanas solúveis como já foi verificado no farelo de trigo (Wang *et al.* 1993). Este aumento poder-se-á explicar pela elevada temperatura aplicada durante o processo de extrusão, que poderá levar à ruptura de ligações químicas, produzindo moléculas mais pequenas e ainda pela alta velocidade do parafuso gerando cisalhamento das partículas. Por outro lado, a fibra insolúvel, após extrusão, sofre um decréscimo explicado pela transformação desta em fibra solúvel (Repo-Carrasco-Valencia *et al.*, 2009). Este fato poderá ser mais uma das razões que expliquem um maior grau de hidratação nas farinhas extrudidas.

Em relação à farinha de aveia cozida a vapor verifica-se que a de menor granulometria apresenta maiores graus de hidratação, sendo estes bastante mais elevados quando comparados com as farinhas que sofreram extrusão-cozedura.

Por observação dos farinogramas verifica-se que nem todos seguem o comportamento do farinograma padrão apresentado na figura 7. Os traçados farinográficos da aveia extrudida de farinha a 0,5mm e 1mm nas diferentes temperaturas exibem maior oscilação e irregularidade em torno das 500 U.B., indicando que a farinha oferece muita resistência durante a amassadura. As farinhas em que os grãos foram cozidos, para ambas as granulometrias, apresentam um traçado regular e uniforme, possivelmente devido ao elevado grau de hidratação que apresenta, requerendo um menor esforço das pás da amassadeira e consequentemente não oferecendo tanta resistência. No entanto o elevado grau de hidratação pode constituir um problema tecnológico.

Segundo Huttner *et al.* (2010) os principais fatores que levam ao aumento do grau de hidratação são: menores granulometrias das farinhas, grânulos de amido danificados e elevado teor de proteínas. Com o exposto anteriormente algumas destas conclusões vão ao encontro do que se verificou neste trabalho, ou seja, as farinhas de menores granulometrias apresentaram maior grau de hidratação e as farinhas extrudidas, em que possivelmente o amido sofreu alterações estruturais, também apresentam grau de hidratação elevado.

3. Caracterização do pão

Com base nos graus de hidratação determinados pelos ensaios farinógrafos procedeu-se à produção de pão e posteriormente à sua caracterização e análise. Os parâmetros que foram avaliados neste ponto foram: análise visual, avaliação de sabor, massa volúmica, textura do miolo e da côrdeia em relação aos vários efeitos estudados (granulometria, pré-tratamentos e processo tecnológico).

No presente estudo um dos parâmetros avaliados no pão foi a **massa volúmica** que é um critério informativo por ser um indicador da compactação do miolo, e por consequente indica uma maior ou menor leveza sensorial do pão. No presente estudo pretendia-se obter tanto quanto possível pães com valores de massa volúmica baixos, dado que isto significaria que o pão apresentava mais volume e uma estrutura interior menos densa. Este era um dos desafios pretendidos, uma vez que a aveia não possui as proteínas formadoras do glúten, e portanto não conduzindo a uma estrutura alveolada. Para contrariar estes problemas tecnológicos vários aditivos são utilizados para reproduzir as propriedades do glúten. Os emulsionantes são frequentemente utilizados na indústria de panificação pela sua capacidade de interação com diferentes componentes da farinha e com os outros ingredientes, obtendo-se melhor manipulação das massas, um aumento de volume do pão, um miolo mais suave e até um aumento do tempo de prateleira (Demirkesen *et al.*, 2010 e Sciarini *et al.*, 2012)

A **análise da textura** do pão foi realizada a dois parâmetros: dureza e elasticidade, sendo que a dureza indica a força que é necessária aplicar ao morder o pão, enquanto a elasticidade nos indica a capacidade de recuperação do pão quando sujeito a compressão. Estes parâmetros são essenciais para a escolha dos consumidores no momento da compra, pois, para além do sabor e da cor, a textura e as propriedades ao “morder” influenciam a

percepção do pão em geral. Em particular a suavidade do miolo está directamente associado à frescura do pão (Heinio, 2006, citado por Gellynck, 2009).

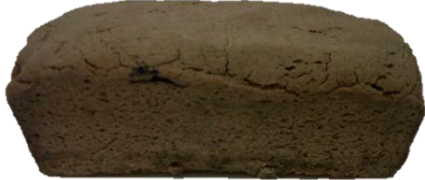





Estas medições foram realizadas no dia de produção dos pães (dia 0) e 24 horas depois (dia 1) de forma a avaliar o envelhecimento do pão.

A nível de **avaliação sensorial** foi apenas realizado uma apreciação por 5 pessoas.

3.1. Efeito da granulometria

➤ Avaliação qualitativa dos pães

Tabela 6 – Aspeto visual das formulações base em que se variou a granulometria

| Pão | Aparência exterior | Aparência interior |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometria 0,5mm (G _{0,5}) |  |  |
| Granulometria 1mm (G ₁) |  |  |
| Granulometria 2mm (G ₂) |  |  |

Na tabela 6, apresenta-se a aparência dos pães estremos, em que as farinhas que lhes deram origem apresentavam as dimensões de 0.5, 1 e 2mm. A nível de aparência, tanto interna com externa, não se observam grandes diferenças. Porém o pão produzido com farinha de 2mm tem uma aparência mais grosseira, sendo mesmo visível em alguns casos “grits” de aveia, e apresenta uma cor mais clara comparativamente com o pão produzido com farinha de 0.5mm e 1mm.

Em relação à apreciação sensorial, verificou-se que as formulações em que a farinha se encontrava moída em menores dimensões (0,5 mm) apresentavam um sabor amargo intenso no final de prova. A incorporação de melhorantes mascarava ligeiramente esse amargo sendo, mesmo assim, de intensidade elevada. Os pães produzidos com farinha moída a 1mm também apresentavam esse mesmo amargo no final de prova, mas consideravelmente atenuado. Com este conhecimento de base, foi então produzido pão com farinha moída a 2mm, tendo-se verificado um decréscimo acentuado, mas não total do sabor a amargo. De qualquer modo, a nível de sabor o pão produzido com farinha moída num crivo de 2mm foi o preferido pelos 5 provadores. Todas as formulações exibiam um aroma muito agradável. De

salientar que nenhum dos melhorantes utilizados tinha como objetivo a melhoria de sabor mas sim a melhoria das propriedades texturais.

A origem do sabor amargo, possivelmente, provém do farelo da aveia, mais concretamente dos compostos fenólicos que este apresenta, exibindo comportamento semelhante ao pão de trigo com farelo. Em estudos realizados (Bakke e Vickers, 2007) no sentido de testar a preferência dos consumidores, a nível sensorial, quando deparados com pão de trigo e pão de trigo com farelo, os consumidores optaram pelo pão de trigo sem farelo. Perante estas conclusões pode-se fazer uma analogia com os resultados obtidos neste trabalho, uma vez que a farinha com granulometria 2mm é a que apresenta menor teor de cinza (Anexo I), logo menor quantidade de farelo.

Recentemente, Jiang e Peterson (2013) realizaram um estudo que tinha como objetivo identificar os componentes amargos no pão de trigo com farelo. Neste estudo foram detetados oito componentes amargos, dos quais seis foram identificados como produtos das reações de Maillard e os outros dois produtos da fermentação. Outra abordagem pode ser tida em conta, de acordo com o estudo realizado por Rong Yan (2007) relativamente às causas do desenvolvimento do sabor amargo dos flocos de aveia. Esta autora afirma que o sabor amargo está relacionado com a acumulação dos ácidos gordos livres dos produtos de oxidação voláteis e de alguns fenóis. A aveia, em relação aos outros grãos, apresenta um elevado teor de gordura e a lipase é muito ativa, sendo estes dois motivos responsáveis pelo aparecimento dos ácidos gordos livres resultantes da atuação da lipase. A sua inativação é alcançada no processo de moagem por ruptura física, calor húmido e temperatura, à qual a enzima é desnaturada. No trabalho desenvolvido é desconhecido se todos estes parâmetros foram alcançados, contudo, através dos resultados obtidos e do sabor amargo que o pão apresentava, este pode ser mais um dos fatores responsáveis pelo sucedido.

➤ Massa volúmica

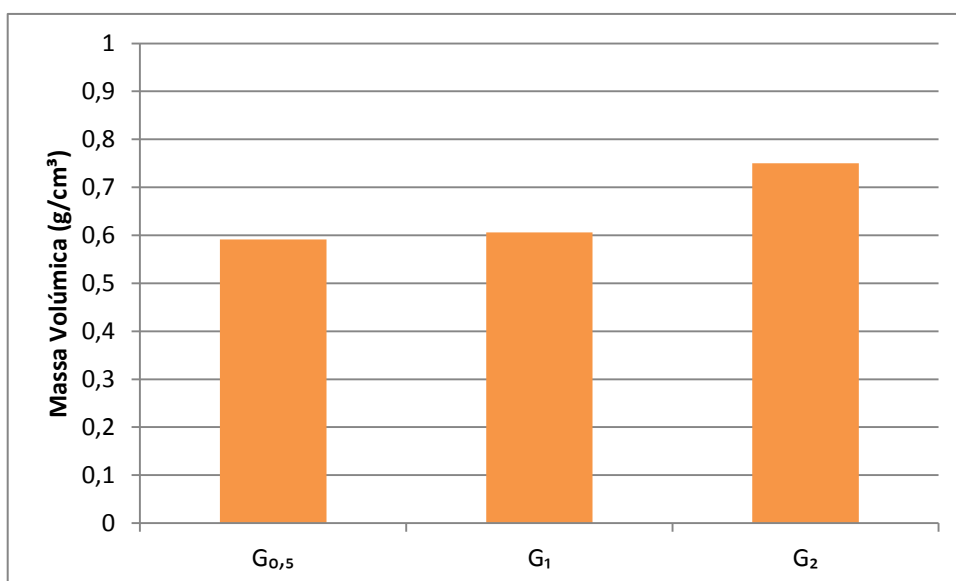


Figura 8 – Massa volúmica das formulações base em que se variou a granulometria

Na figura 8 são apresentados os resultados de massa volúmica obtidos com as formulações base em que apenas se variou a granulometria das farinhas. Verifica-se que o pão obtido a partir da farinha com menor granulometria apresenta um valor de massa volúmica mais baixo, enquanto que o pão obtido da farinha com granulometria 2mm exibe uma massa volúmica mais elevada. Isto quer então dizer que o pão $G_{0,5}$ tem maior volume e consequentemente uma densidade mais baixa, sendo dos 3 pães o que apresenta melhores características estruturais.

➤ Textura

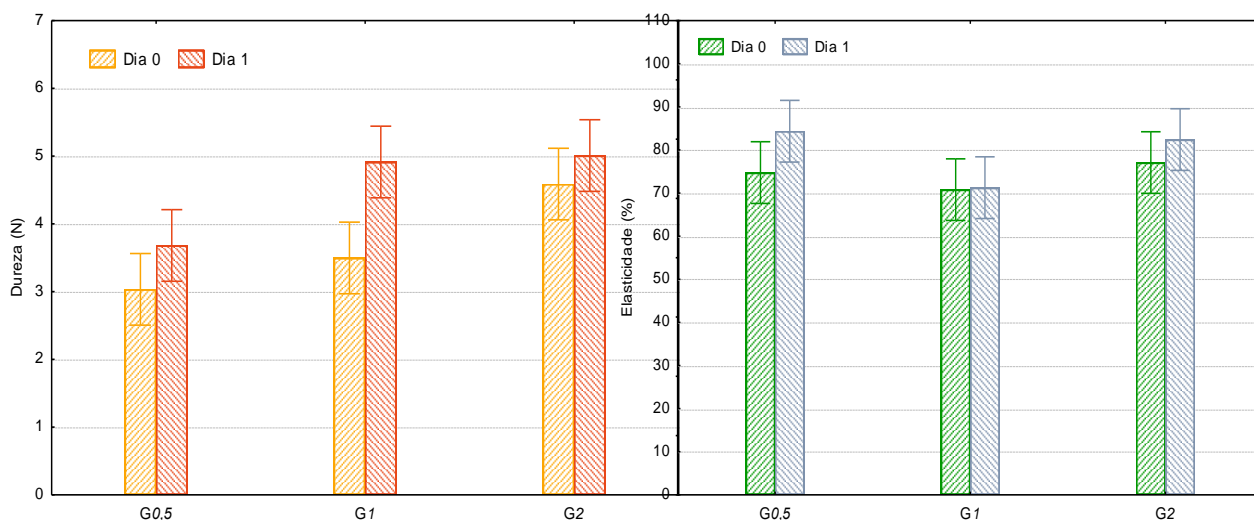


Figura 9 – Dureza e Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, das formulações em que se variou a granulometria das farinhas, com os respetivos níveis de significância (I)

No que diz respeito à dureza do miolo do pão (Fig. 9) os resultados indicam que o pão em que se utilizou farinha com maior granulometria (G_2) é significativamente diferente do pão produzido com farinha de dimensão 0,5mm ($G_{0,5}$) e de 1mm (G_1) (Anexo IIa). O pão G_2 apresenta uma dureza mais elevada, possivelmente, derivado da farinha que lhe deu origem, uma vez que esta apresenta uma moenda mais grosseira. Em relação à elasticidade (Fig. 9) não existe qualquer diferença significativa entre as amostras (Anexo IIc).

No dia 1 de análise existem algumas alterações, em relação à dureza do miolo (Fig.9), o pão $G_{0,5}$ é significativamente diferente do pão G_1 e do pão G_2 (Anexo IIa), sendo o pão $G_{0,5}$ o que apresenta menos força ao comprimir. Em relação à elasticidade (Fig.9), pode-se afirmar que o pão G_1 é significativamente diferente do pão $G_{0,5}$ e do pão G_2 (Anexo IIc) e por observação do gráfico é possível ver que o pão G_1 é o que apresenta menor resposta à elasticidade, não recuperando tanto após compressão.

Quando se compara os resultados do dia 0 com o dia 1 relativamente à dureza do miolo, apenas no pão G_1 se observa um aumento significativo da dureza, indicando que a esta granulometria o pão mostra um envelhecimento mais rápido (Anexo IIId).

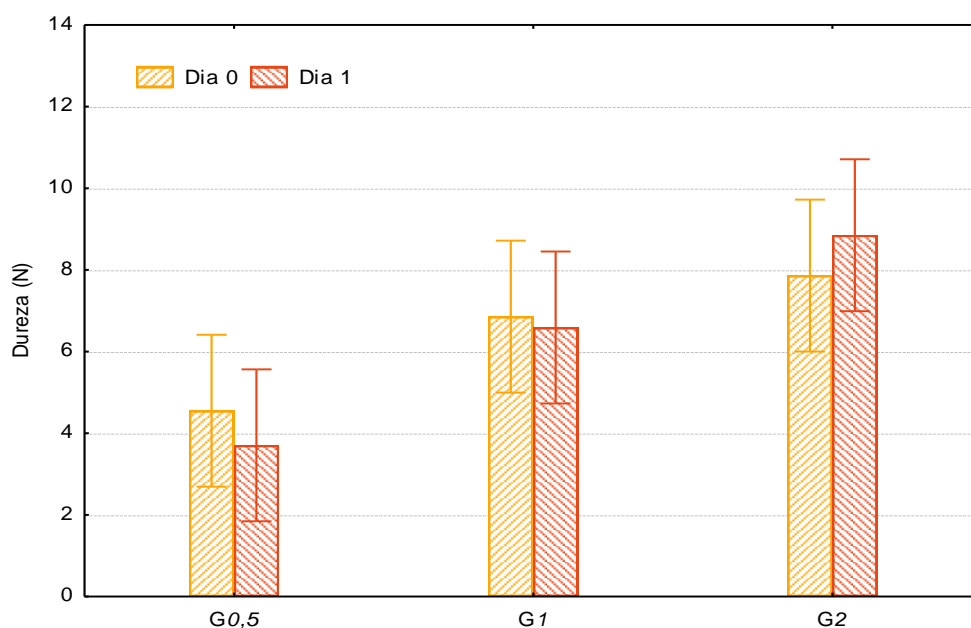


Figura 10 – Dureza da cõdea dos pães no dia 0 e no dia 1 das formulações em que se variou a granulometria das farinhas, com os respectivos níveis de significância (I)

Na figura 10 apresenta-se o gráfico que nos indica a dureza da cõdea das formulações dos pães, em que apenas se variou a granulometria das farinhas no dia 0 e no dia 1. Pode-se afirmar (Anexo IIb) que no dia zero não existe diferenças significativas a nível da dureza da cõdea. Porém no dia 1, verifica-se que a cõdea do pão produzido a partir da farinha de granulometria 0,5mm ($G_{0,5}$) é significativamente diferente do pão de aveia 2mm (G_2), sendo o pão $G_{0,5}$ o que apresenta menos força, ou seja, o pão G_2 é mais duro a nível da cõdea em relação ao pão $G_{0,5}$.



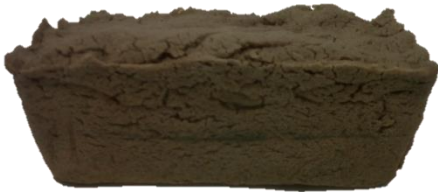









Pode-se assim afirmar, que a partir de farinhas com maiores granulometrias se obtêm pães com maior dureza de miolo e cõdea

3.2. Efeito dos pré-tratamentos

➤ Avaliação qualitativa dos pães

Tabela 7 – Aspeto visual das formulações em que foram aplicados pré-tratamentos físicos

| Pão | Aparência exterior | Aparência interior |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------|
| Aveia 0,5mm extrudida 90-105-135°C ($G_{0,5}E_{135^\circ C}$) | | |
| Aveia 0,5mm extrudida 90-110-150°C ($G_{0,5}E_{150^\circ C}$) | | |

| | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Aveia 0,5mm cozida e seco 1.30h - 75°C (G _{0,5} C _{75°C}) |  |  |
| Aveia 0,5mm cozida e seco 3h - 70°C (G _{0,5} C _{70°C}) |  |  |
| Aveia 1mm extrudida 90-105- 135°C* (G ₁ E _{135°C}) |  |  |
| Aveia 1mm extrudida 90-110- 150°C (G ₁ E _{150°C}) |  |  |
| Aveia 1mm cozida e seca 1.30h-75°C (G ₁ C _{75°C}) |  |  |
| Aveia 1mm cozida e seca 3h- 70°C (G ₁ C _{70°C}) |  |  |

*Pão fatiado/cortado

De todas as formulações, estas, em que se aplicou tratamento físico, foram as que apresentaram maior diferença de aparência. Como se pode constatar na tabela 7 todas as formulações apresentam um miolo coeso e compacto, sem qualquer estrutura alveolada, sendo maior nos pães em que o grão de aveia foi cozido a vapor. Estas constatações devem estar relacionadas com o elevado grau de hidratação que estas farinhas apresentam, derivado das alterações estruturais ocorridas na aveia, já acima mencionadas. A nível exterior estes pães apresentam uma còdea mais irregular e com fendas.

➤ Massa volúmica

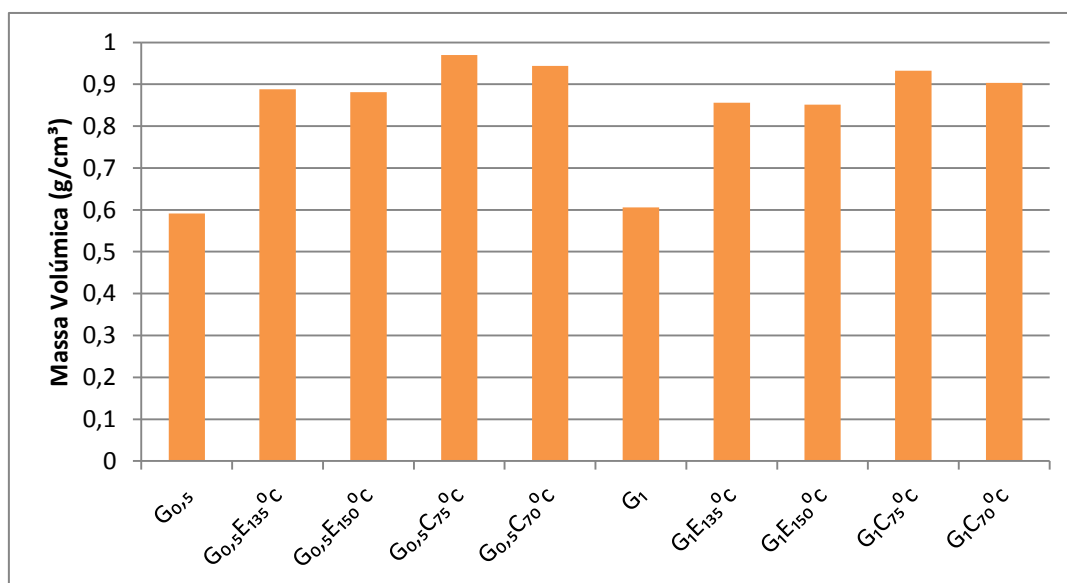


Figura 11 – Massa volúmica das formulações em que foi aplicado tratamento físico

Na figura 11, estão representadas as massas volúmicas de todas as formulações dos pães, em que as farinhas sofreram pré-tratamentos físicos, tanto na granulometria 0,5mm como na 1mm. Por observação da figura, é possível afirmar que os pré-tratamentos aplicados à aveia não tiveram efeito positivo relativamente à massa volúmica. Estes pães apresentam um valor de massa volúmica muito superior às formulações base (G_{0,5} e G₁), sendo os pães produzidos com farinha de granulometria 0,5mm os que obtiveram piores resultados. Este fenómeno deve-se ao elevado grau de hidratação exigido pelas farinhas, que como já foi mencionado acima, com as alterações de estrutura estas formulações retém maior quantidade de água, apresentando um pão mais coeso, sendo também isto visível na tabela 7, onde se apresentam as imagens dos pães.

Devido aos resultados obtidos nos pães em que se aplicaram pré-tratamentos físicos à aveia, decidiu-se não prosseguir com este método nas formulações em que se utilizou farinha de granulometria 2mm, uma vez que a sua aplicação não era favorável.

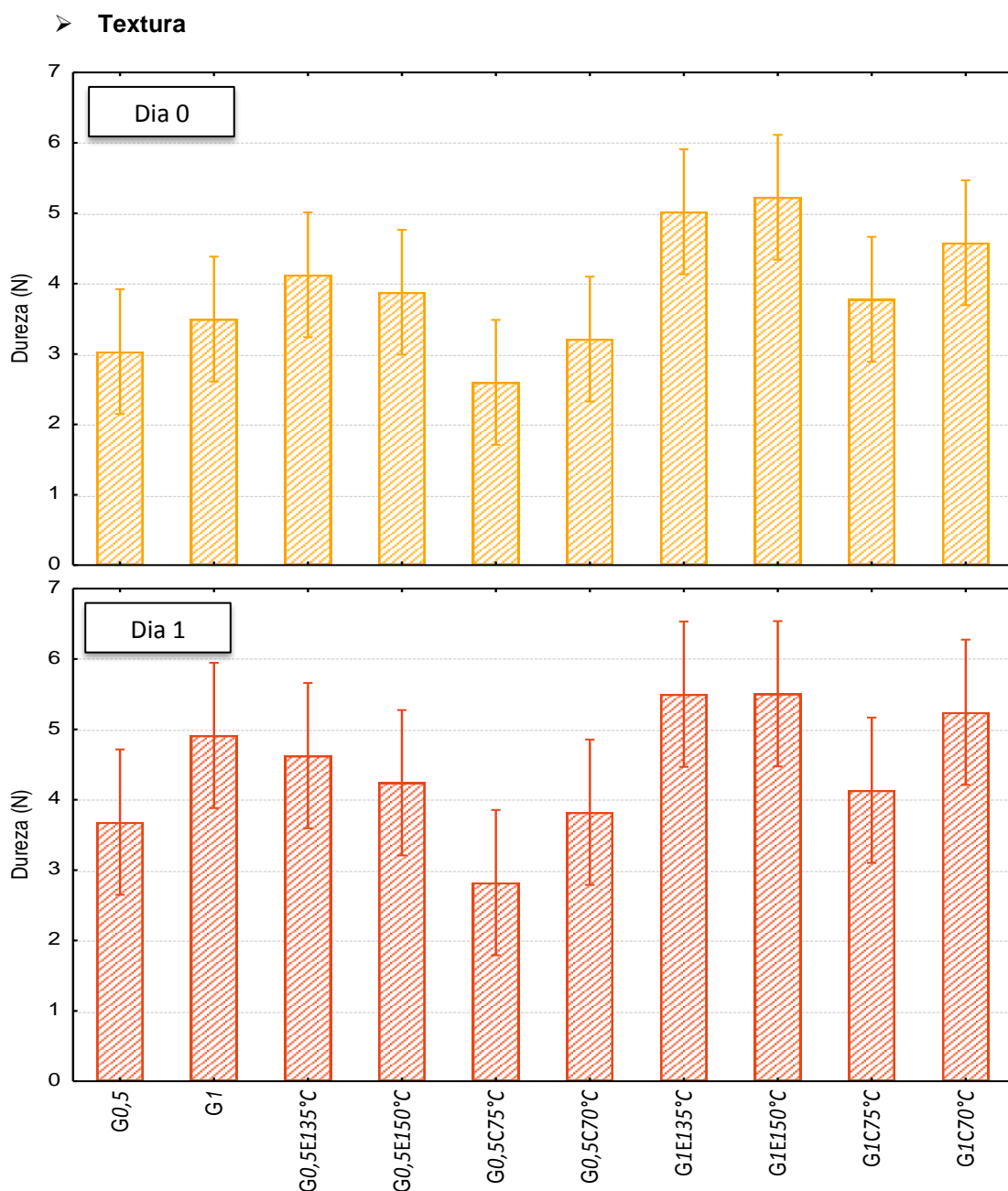


Figura 12 – Dureza do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se aplicou tratamentos físicos, com os respectivos níveis de significância (I)

Na figura 12 apresentam-se os resultados da dureza do miolo do pão no dia 0 e no dia 1 das formulações em que se aplicou pré-tratamentos físicos à aveia. Apesar do que foi verificado na análise dos parâmetros de massa volúmica e de percepção visual, a nível de dureza do miolo o pão produzido com farinha de granulometria 0,5mm cozida e seca a 75°C ($G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$) apresenta diferenças significativas do pão de aveia de farinha 1mm extrudida a 135°C ($G_1E_{135^{\circ}C}$) da extrudida a 150°C ($G_1E_{150^{\circ}C}$). O pão de aveia de farinha 1mm extrudida 150°C ($G_1E_{150^{\circ}C}$) é significativamente diferente do pão de aveia 0,5mm ($G_{0,5}$) e do pão de aveia 0,5mm cozida e seca a 75°C ($G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$) (Anexo IIIa). O pão que apresenta maior dureza do miolo é o pão $G_1C_{75^{\circ}C}$ e o que apresenta menor dureza é o pão $G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$. Em relação ao pão $G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$ o baixo valor de força exigida ao perfurar, não significa que o pão tivesse uma

estrutura alveolada e leve, já que esta formulação apresentou uma estrutura muito coesa e tinha a aparência de um pão mal cozido, sendo até semelhante à da massa antes de cozer.

No dia 1, o pão que se destaca, pela sua baixa dureza, continua a ser o pão $G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$ (Fig.13) que é significativamente diferente do pão $G_1E_{135^{\circ}C}$, do pão $G_1E_{150^{\circ}C}$ e do pão $G_1C_{70^{\circ}C}$ (Anexo IIIa).

Quando se compara o dia 0 e o dia 1 dos pães em que se aplicou pré-tratamentos físicos à aveia (Anexo IIId), não se verificam diferenças significativas, o que pode ser um indicador que algumas das alterações que a aveia sofreu durante o processo de extrusão-cozedura e da cozedura a vapor pode influenciar o retardar do envelhecimento do pão.

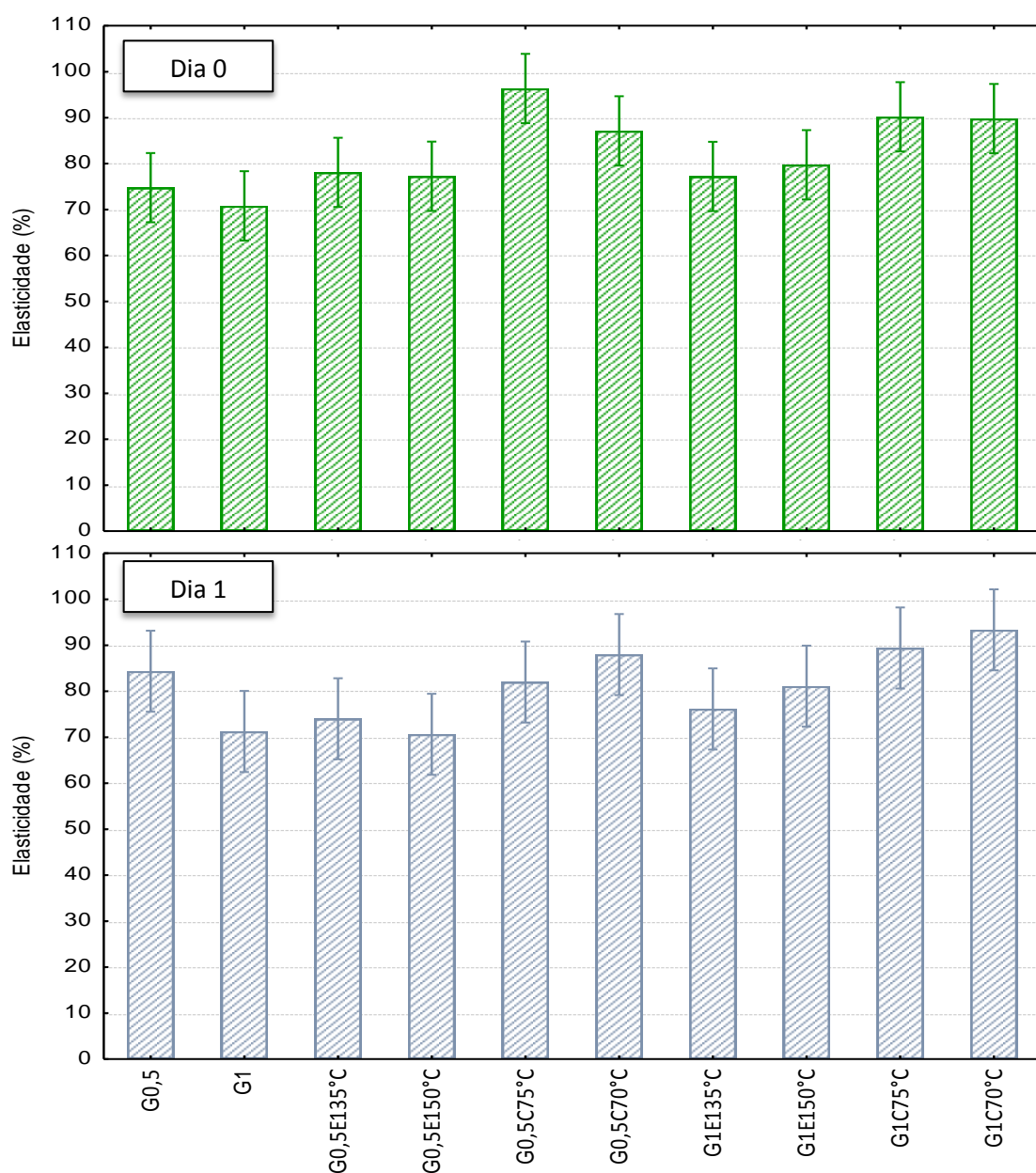


Figura 13 – Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se aplicou tratamentos físicos, com os respetivos níveis de significância (I)

Na figura 13 apresentam-se os resultados da elasticidade do miolo do pão no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se aplicou pré-tratamentos físicos à aveia. Como se pode verificar pelos resultados de elasticidade (Anexo IIIc) o pão de aveia $G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$ apenas não é significativamente diferente das outras formulações em que a aveia foi cozida e do pão de farinha de aveia 0,5mm extrudida a $135^{\circ}C$. Todas estas formulações têm um comportamento muito elástico, sendo a sua recuperação após compressão muito elevada. Em relação à elasticidade também se verificam diferenças significativas entre o pão de aveia com granulometria 1mm (G_1) e o pão $G_1C_{75^{\circ}C}$ e o pão $G_1C_{70^{\circ}C}$, sendo mais uma vez os pães que apresentaram maior grau de hidratação os que apresentam maior recuperação.

Em relação à elasticidade, no dia 1 (Fig.14), o pão $G_1C_{70^{\circ}C}$ é o que apresenta mais elasticidade e é significativamente diferente do pão G_1 e do pão $G_{0,5}E_{150^{\circ}C}$ (Anexo IIIc).

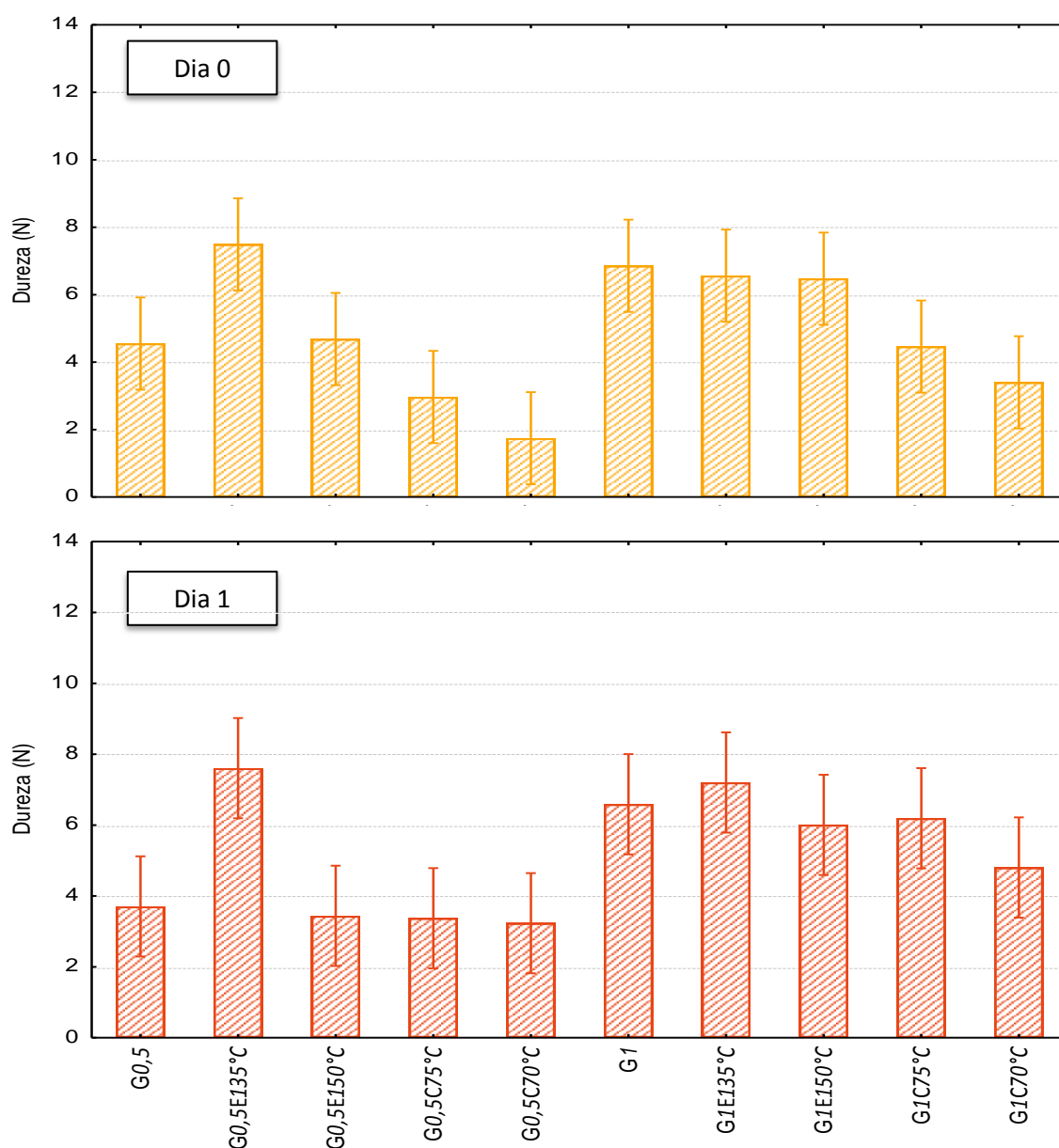


Figura 14 – Dureza da còdea dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se aplicou tratamento físico, com os respetivos níveis de significância (I)

Em relação à côdea, no dia 0 (Fig.14) observa-se que o pão $G_{0,5}C_{70^{\circ}C}$ é o que apresenta menor dureza e apenas não é diferente do pão $G_{0,5}$, do pão $G_{0,5}E_{150^{\circ}C}$, do pão $G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$, do pão $G_1C_{75^{\circ}C}$ e do pão $G_1C_{70^{\circ}C}$, sendo diferente de todas as outras formulações. Por ordem crescente de dureza seguem-se os pães $G_{0,5}E_{135^{\circ}C}$, G_1 , $G_1E_{135^{\circ}C}$ e $G_1E_{150^{\circ}C}$, que são significativamente diferentes do pão $G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$. E ainda temos o pão G_1C_{70} significativamente diferente do pão $G_{0,5}E_{135^{\circ}C}$ e do pão G_1 . Após estas observações (Anexo IIIb) é possível afirmar que os tratamentos físicos aplicados diferem entre si, pois todas as formulações em que se realizou a cozedura do grão apresentam valores mais baixos de dureza em relação a farinha que foi extrudida. Por fim, o pão $G_{0,5}E_{135^{\circ}C}$ que é significativamente diferente do pão $G_{0,5}E_{150^{\circ}C}$, do pão $G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$ e do pão $G_{0,5}C_{70^{\circ}C}$ mostrando mais uma vez que os tratamentos físicos reflectem comportamentos diferente no pão.

No dia 1 verifica-se que a dureza mais elevada está presente nos pães $G_{0,5}E_{135^{\circ}C}$ e no $G_1E_{135^{\circ}C}$, que são significativamente diferentes do pão $G_{0,5}$, $G_{0,5}E_{150^{\circ}C}$, $G_{0,5}C_{75^{\circ}C}$ e no pão $G_{0,5}C_{70^{\circ}C}$ (Anexo IIIb). Visto isto, é possível afirmar que a cozedura tem um efeito negativo sobre a dureza da côdea.





Verifica-se em algumas formulações que a força requerida pela côdea na medição efetuada no dia 1 é inferior à força exigida no dia 0. Isto não significa que o pão esteja menos duro, mas possivelmente ocorreu uma retrogradação do amido, que leva a um pão mais desidratado, que ao ser prensado esfarela-se, não exigindo assim tanta força e registando valores de dureza mais baixos.

















3.3. Efeito do processo tecnológico












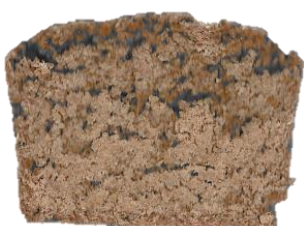
3.3.1. Adição de melhorantes

➤ Avaliação qualitativa dos pães

Tabela 8 – Aspeto visual das formulações em que foi adicionado melhorantes

| Pão | Aparência exterior | Aparência interior |
|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometria 0,5mm + 1%GMS ($G_{0,5}M_{GMS}$) |  |  |
| Granulometria 0,5mm + 1%SSL ($G_{0,5}M_{SSL}$) |  |  |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometria 0,5mm +0,5%GMS+0,5 % SSL (G _{0,5} M _{GMS/SSL}) |  |  |
| Aveia 0,5mm extrudida 90- 105-135°C + 1%GMS (G _{0,5} E _{135°C} M _{GMS}) |  |  |
| Aveia 0,5mm extrudida 90- 110-150°C + 1%GMS (G _{0,5} E _{150°C} M _{GMS}) |  |  |
| Granulometria 1mm +0,5%GMS+0,5 % SSL (G ₁ M _{GMS/SSL}) |  |  |
| Aveia 1mm extrudida 90- 105-135°C +1%GMS* (G ₁ E _{135°C} M _{GMS}) |  |  |
| Aveia 1mm extrudida 90- 110-150°C +1%GMS (G ₁ E _{150°C} M _{GMS}) |  |  |
| Granulometria 1mm + 2% Metilcelulose (G ₁ M _{2%MC}) |  |  |
| Granulometria 1mm + 2% Pectina (G ₁ M _P) |  |  |

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometria 2mm + 1%GMS (G ₂ M _{GMS}) |  |  |
| Granulometria 2mm + 1%SSL (G ₂ M _{SSL}) |  |  |
| Granulometria 2mm +0,5%GMS+0,5 % SSL (G ₂ M _{GMS/SSL}) |  |  |
| Granulometria 2mm + 1% Metilcelulose (G ₂ M _{1%MC}) |  |  |
| Granulometria 2mm + 2% Metilcelulose (G ₂ M _{2%MC}) |  |  |
| Granulometria 2mm + 2% Pectina (G ₂ M _P) |  |  |

*Pão fatiado/cortado

Visualmente não é possível afirmar que a adição de emulsionantes tenha afetado a aparência dos pães (Tabela 8). Estes conservam a aparência dos pães correspondentes sem emulsionantes (Tabela 6 e 7).

➤ Massa volúmica

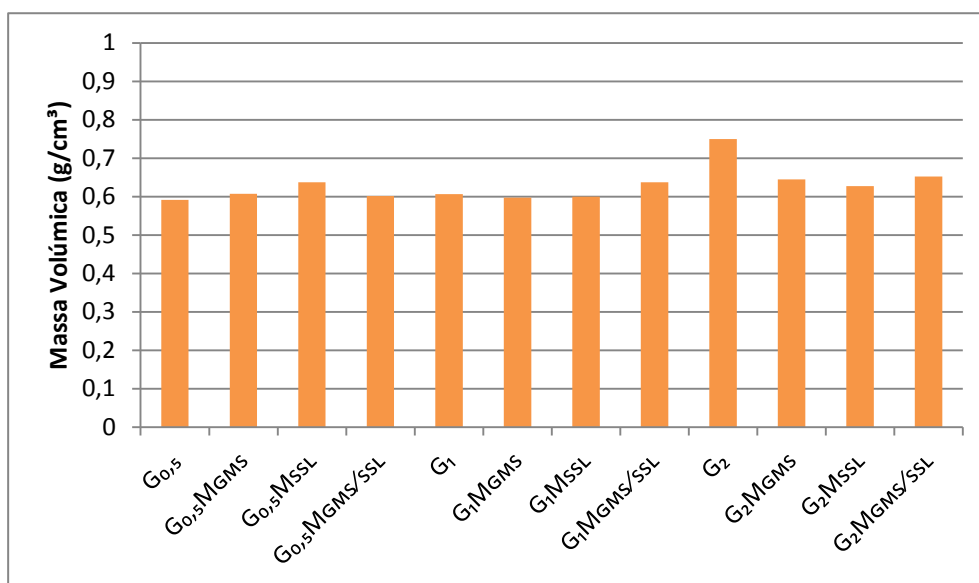


Figura 15 – Massa volúmica das formulações em que foram utilizados melhorantes (0.5,1,2mm)

Na figura 15 estão representados os resultados da massa volúmica das formulações em que se adicionou emulsionantes nas farinhas de três granulometrias utilizadas. Como se pode verificar a atuação dos emulsionantes nem sempre foi a esperada, uma vez que o valor de massa volúmica é ligeiramente superior à respetiva formulação base no caso da farinha de aveia 0,5mm, sendo esta ligeiramente menor. Nos pães de granulometria 1mm verifica-se uma diminuição muito ligeira com a adição de GMS e SSL à formulação base. Porém verifica-se que no caso do pão produzido com farinha de granulometria 2mm os emulsionantes tiveram efeito positivo na diminuição da massa volúmica. No entanto esse decréscimo não foi suficientemente baixo, sendo estes muito próximos dos valores das formulações obtidas para as restantes granulometrias. Após estas considerações pode-se dizer que o GMS e o SSL conduzem a melhor desempenho em pão produzido a partir de farinhas com maiores granulometrias. Em estudos realizados em pão de trigo tanto o SSL como o GMS tiveram resultados satisfatórios no que diz respeito ao aumento do volume do pão, ou seja, os pães apresentavam uma massa volúmica inferior ao pão que não tinha adição de emulsionantes. A influência dos emulsionantes (SSL, GMS e DATEM¹) demonstrou um aumento do volume, do volume específico, da qualidade da cozedura e melhora a cor e textura (Azizi e Rao, 2005). No entanto o DATEM leva a um efeito fortificante sobre as massas, conferindo-lhe uma boa maquinabilidade, o pão daqui obtido apresenta maior volume e melhor estrutura a nível do miolo (Gómez *et al.*, 2004). Em trabalhos futuros este será um tipo de emulsionante a testar.

¹ DATEM – Ésteres do ácido diacetil tartárico de mono-diacilglicerol

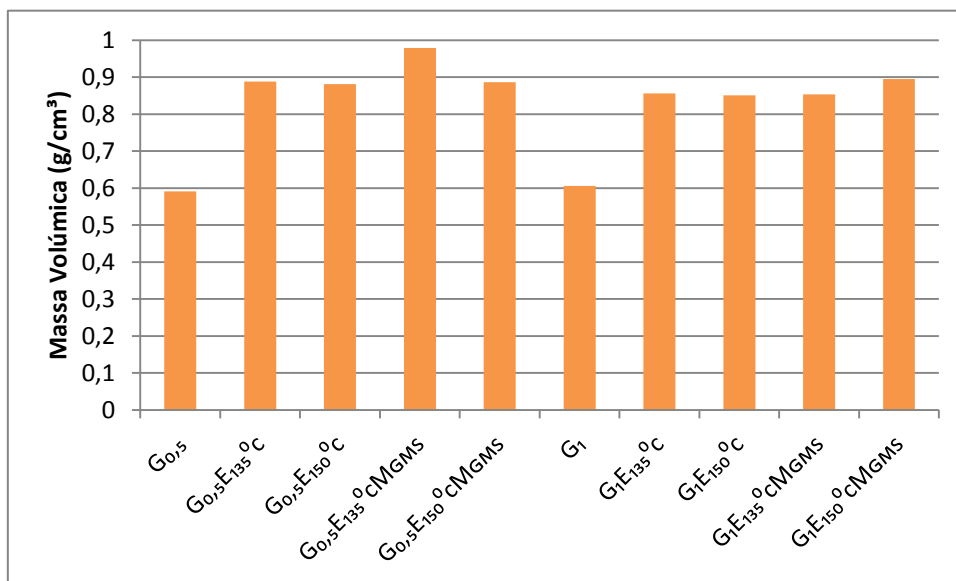


Figura 16 - Massa volúmica das formulações em que se utilizou pré-tratamentos físicos e melhorantes (0.5,1mm)

Na figura 16 estão representados os resultados das massas volúmicas dos pães em que se aplicou extrusão-cozedura às farinhas e se adicionaram emulsionantes. Mais uma vez, se verifica que os emulsionantes não conduziram aos resultados esperados, apresentado maior valor de massa volúmica em relação aos pães de farinha extrudida em que não se adicionou emulsionantes. Como já foi referido anteriormente, devido aos resultados negativos obtidos, não se realizaram os pré-tratamentos às farinhas de granulometria 2mm.

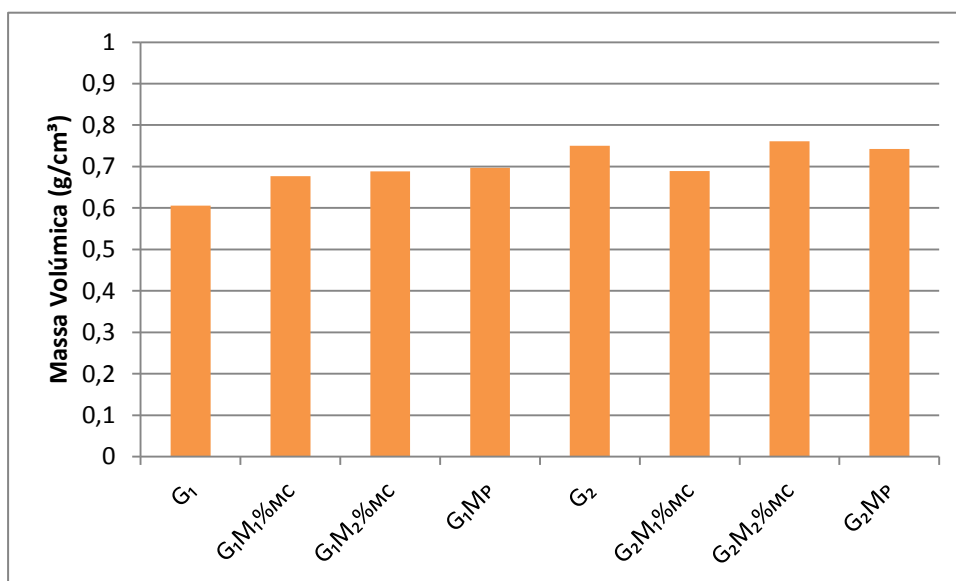


Figura 17 – Massa volúmica das formulações em que foram utilizados melhorantes (1 e 2 mm)

Na figura 17 apresenta-se os resultados da massa volúmica de pães em que se adicionaram à massa melhorantes, mas desta vez apenas para as farinhas de granulometria 1mm e 2mm. Optou-se por não estudar o efeito destes melhorantes nas farinhas de granulometria 0,5mm devido ao sabor amargo que o pão, produzido a partir das farinhas com esta granulometria, apresentava dado que mesmo que se obtivessem resultados positivos em relação ao volume, o sabor seria o principal fator limitante.

Nas formulações referidas testou-se também a ação de uma pectina de baixo teor metoxilo (P) e de metilcelulose (MC) que são ésteres de celulose. Segundo a Divisão de Alimentos e Nutrição da Dow Wolff Cellulosic, a MC é utilizada em panificação para estabilizar e auxiliar a incorporação de ar nas massas melhorando a textura e o volume do pão, principalmente, dos livres de glúten. Foi baseado nesta informação que se optou pela utilização de MC. Porém a sua aplicação não favoreceu o aumento do volume, pelo contrário a sua utilização teve efeito contrário e os pães apresentaram uma massa volúmica mais elevada, aumentando com o grau de incorporação. Não foram testadas concentrações abaixo do 1%, pelo que eventualmente devem ser testadas concentrações mais baixas. Em relação à pectina há relatos de que a sua utilização também melhora o volume de pães sem glúten. Exemplo disso foi a utilização de pectina no fabrico de pão de arroz (Kang *et al.*, 1997; Lazaridou *et al.*, 2007). No trabalho em estudo a pectina também não teve os resultados esperados, sendo mesmo o que obteve piores resultados no que diz respeito à massa volúmica. Tanto a metilcelulose como a pectina não foram utilizados em conjunto com outros melhorantes, podendo esta ser uma explicação para não se ter alcançado resultados positivos como nos outros pães sem glúten.

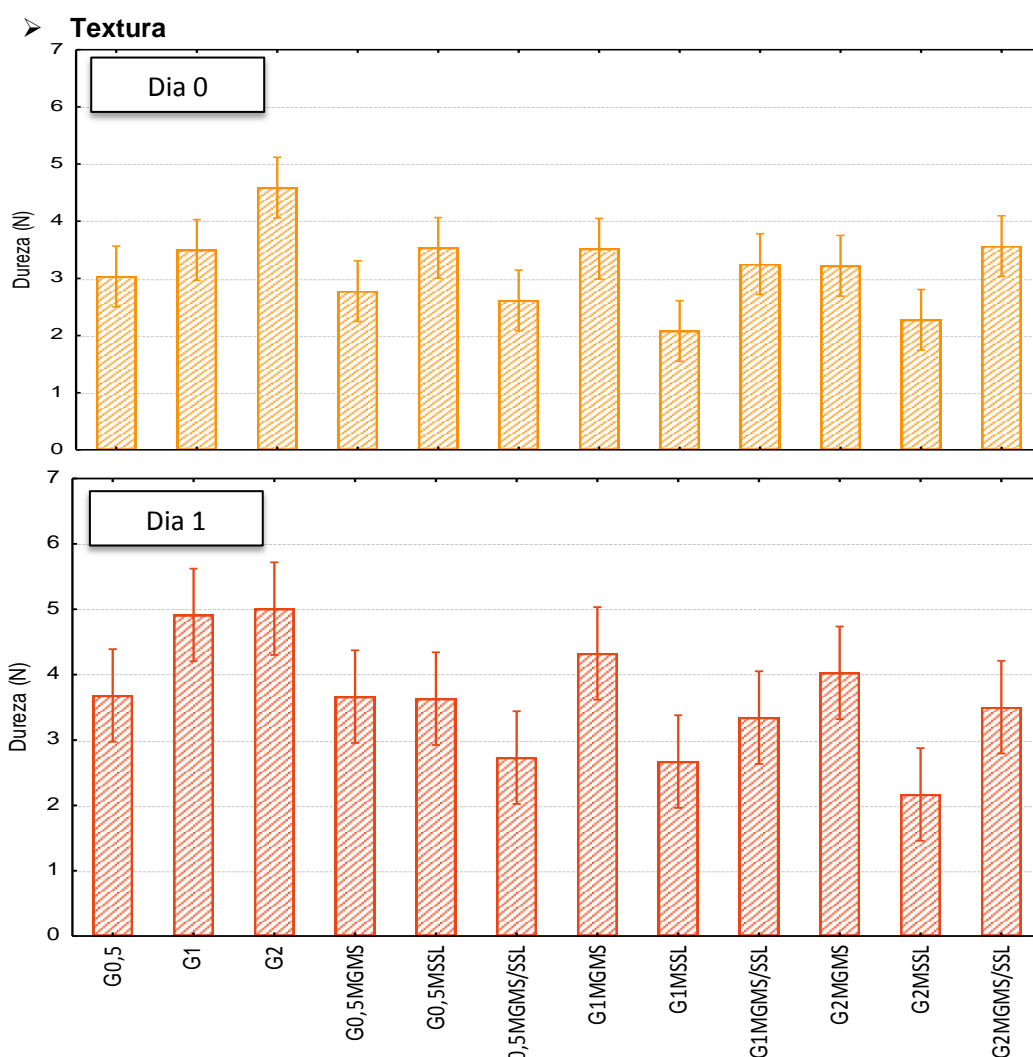


Figura 18 – Dureza do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (0.5, 1 e 2mm), com os respetivos níveis de significância (I)

Em relação às características texturais conclui-se por observação da figura 18 e do anexo IVa que o pão G_2 apenas não apresenta diferenças significativas em relação ao pão G_1 , ao pão $G_{0,5}M_{SSL}$, ao pão G_1M_{GMS} , $G_2M_{GMS/SSL}$. Estas são as formulações em que o pão exige mais força no momento em que é perfurado. Estes resultados vão ao encontro do que se concluiu na massa volúmica, pois o pão G_2 foi o que apresentou maior valor e com a adição dos emulsionantes verificou-se um decréscimo nesse valor. O mesmo aconteceu em relação à dureza do pão indicando que os emulsionantes têm efeito positivo quando adicionados aos pães de farinha de maiores granulometrias.

O pão G_1M_{SSL} apresenta-se significativamente diferente do pão G_1 , do pão $G_{0,5}M_{SSL}$, do pão G_1M_{GMS} e do pão $G_2M_{GMS/SSL}$. A partir destes resultados (Anexo IVa) é possível concluir-se que o SSL tem efeito positivo em relação à diminuição da dureza do pão uma vez que diminui em cerca de 2 unidades a dureza quando comparado com o em pão sem emulsionante (G_1).

Em relação à dureza do miolo no dia 1, nas formulações em que se adicionaram emulsionantes (Fig.18), verifica-se que o pão G_2M_{SSL} é significativamente diferente do pão G_1 , do G_2 , do G_1M_{GMS} e do pão G_2M_{GMS} , sendo o que apresenta menor dureza (Anexo IVa). Os pães G_1 e G_2 são significativamente diferente do pão $G_{0,5}M_{GMS/SSL}$ e do pão G_1M_{SSL} , uma vez que são estes os que apresenta um maior valor de dureza.

De maneira geral em todas as formulações a dureza aumenta, porém o pão G_2M_{SSL} mantém a sua dureza indicando, assim, que o SSL tem efeito positivo sobre a dureza ao longo do tempo, preservando a maciez do miolo. Ainda de referir que o pão G_2 além de apresentar uma dureza elevada logo no dia zero, esse valor mante-se enquanto que nas outras formulações há uma evolução da dureza. Verifica-se ainda, que não existem diferenças entre os pães no dia 0 e no dia 1 (Anexo IVd).

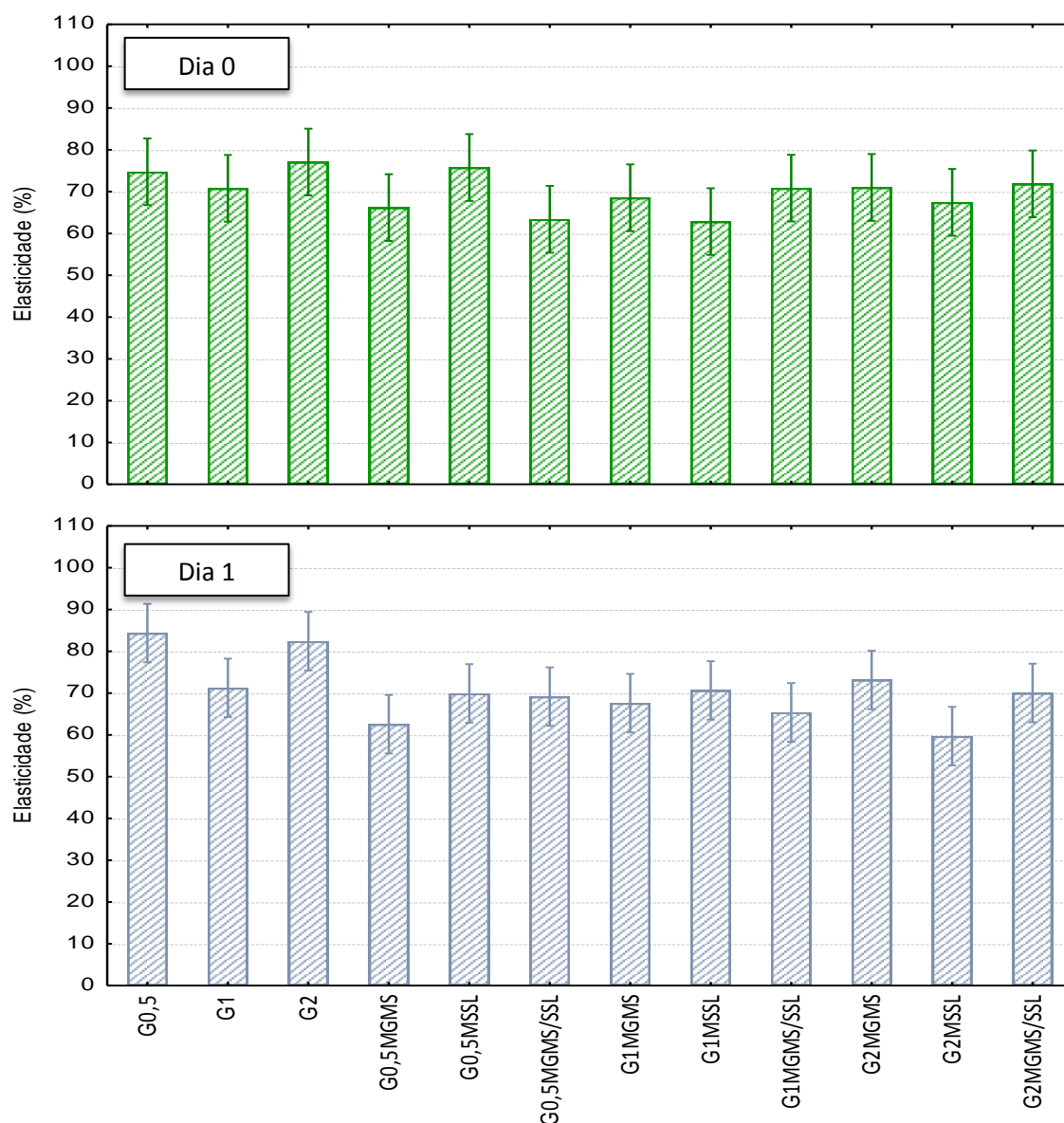


Figura 19 – Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (0.5, 1 e 2mm), com os respectivos níveis de significância (I)

Em relação à elasticidade do miolo, no dia 0, apresentada na figura 19, não existe qualquer diferença entre os pães (Anexo IVc). Porém no dia 1 já se verificam diferenças, os pães $G_{0,5}$ e G_2 são significativamente diferentes do pão $G_{0,5}M_{GMS}$, do pão $G_1M_{GMS/SSL}$ e do pão G_2M_{SSL} , uma vez que estes exibem um aumento de elasticidade (Anexo IVc).

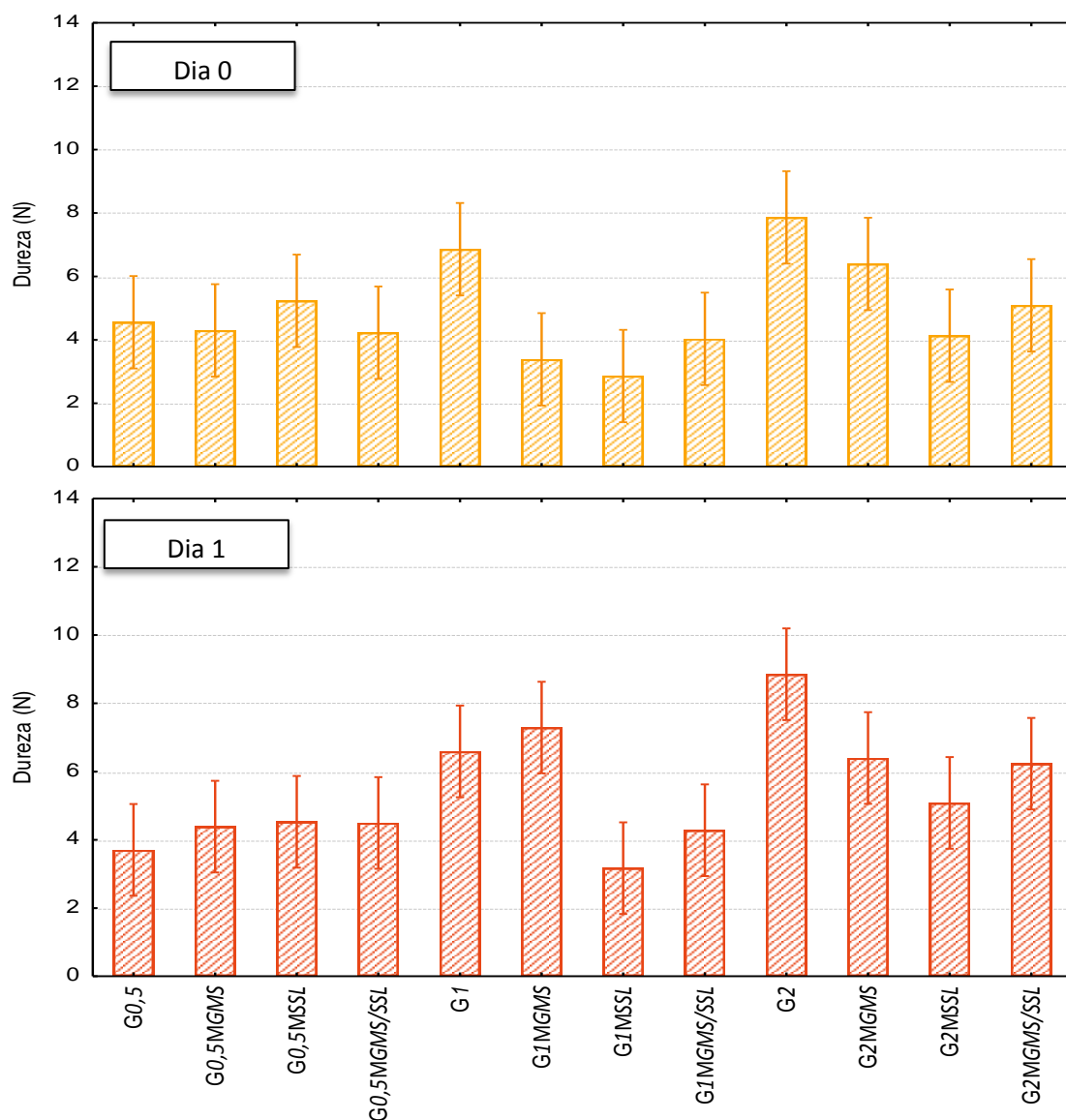


Figura 20 – Dureza da cõdea no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (0.5, 1 e 2mm), com os respectivos níveis de significância (I)

Por observação da figura 20 e do Anexo IVb é possível afirmar que, no dia 0, o pão G_2 é significativamente diferente do pão $G_{0,5}M_{GMS/SSL}$, do pão G_1M_{GMS} , do pão G_1M_{SSL} , do pão $G_1M_{GMS/SSL}$ e do pão G_2M_{SSL} , pois o pão G_2 é o que apresenta maior dureza da cõdea e os restantes apresentados os que exibem menor dureza. O pão G_1 é significativamente diferente do G_1M_{SSL} evidenciando mais uma vez a capacidade do SSL de abrandar o pão.

No dia 1 (Fig.20 e Anexo IVb), a dureza da cõdea do pão G_2 sofre um aumento e apresenta-se como sendo a cõdea mais dura não sendo significativamente diferente, apenas, do pão G_1 , do pão G_1M_{GMS} , do pão G_2M_{GMS} e do pão $G_2M_{GMS/SSL}$. O pão $G_{0,5}$ é significativamente diferente do pão G_1M_{GMS} , uma vez que apresenta menor dureza. Por fim, temos o pão G_1M_{SSL} significativamente diferente do pão G_1 e do pão G_1M_{GMS} , podendo-se afirmar que dentro da mesma granulometria se verifica efeito positivo na diminuição da dureza quando se utiliza SSL.

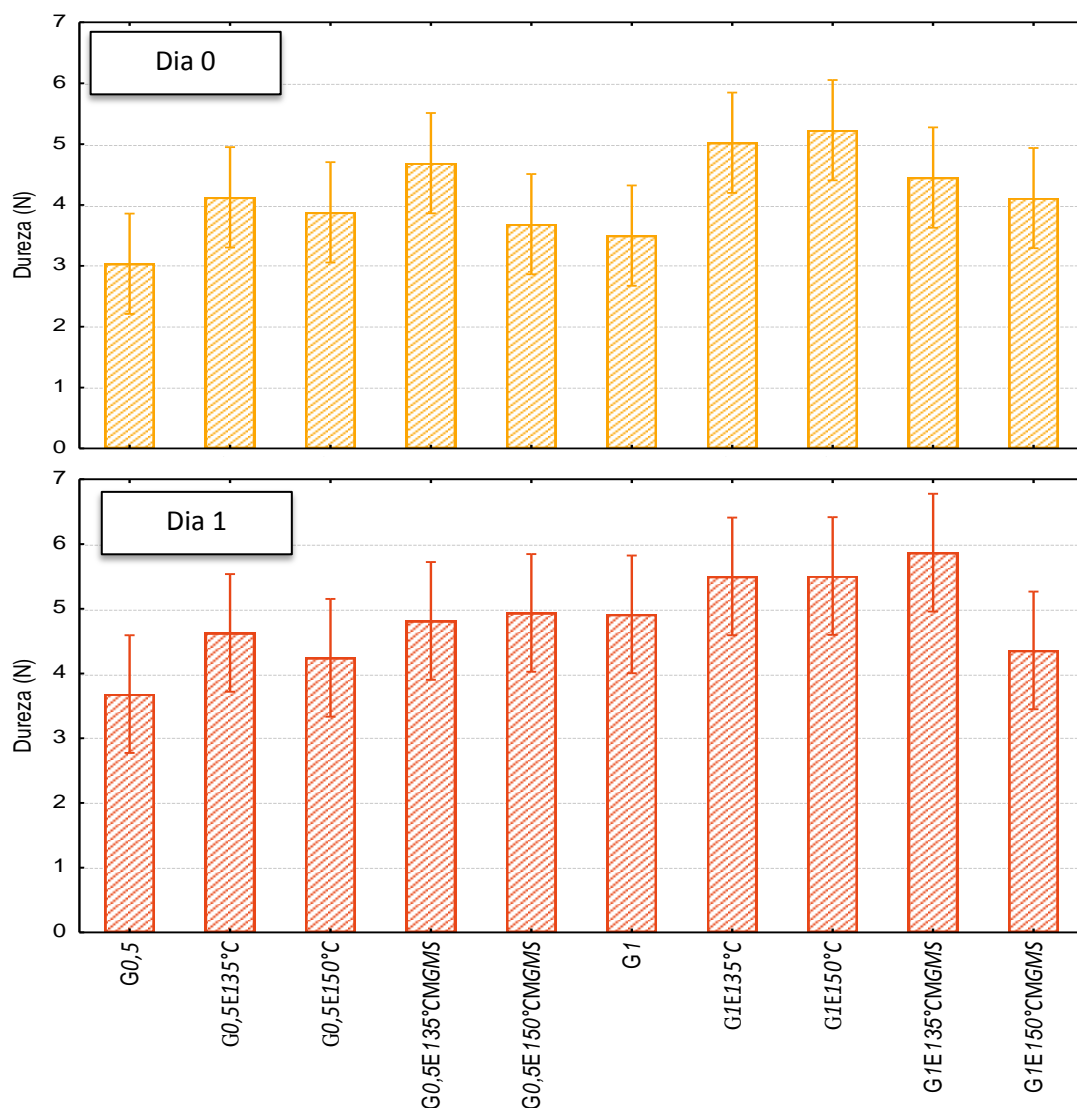


Figura 21 - Dureza do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações com pré-tratamentos em que se adicionou melhorantes (0,5 e 1 mm), com os respectivos níveis de significância (I)

Na figura 21 apresentam-se os resultados de dureza do miolo dos pães, no dia 0 e no dia 1, das formulações em que foi aplicado extrusão e se adicionaram emulsificantes. No dia zero o pão que apresenta menor dureza é o pão G_{0,5} que é significativamente diferente do pão G₁E_{135°C} e do pão G₁E_{150°C}. No dia 1, o pão G_{0,5} mostra-se significativamente diferente do pão G₁E_{135°C}M_{GMS}, sendo este último o que apresenta maior dureza (Anexo Va).

Verifica-se ainda, que o pão G₁E_{150°C} apresenta menor dureza após a adição do GMS, tanto no dia 0 como no 1, observando-se, assim, algum efeito positivo em relação ao GMS na redução da dureza.

Em relação ao aumento da dureza do dia 0 para o dia 1, não existem diferenças significativas (Anexo Vd).

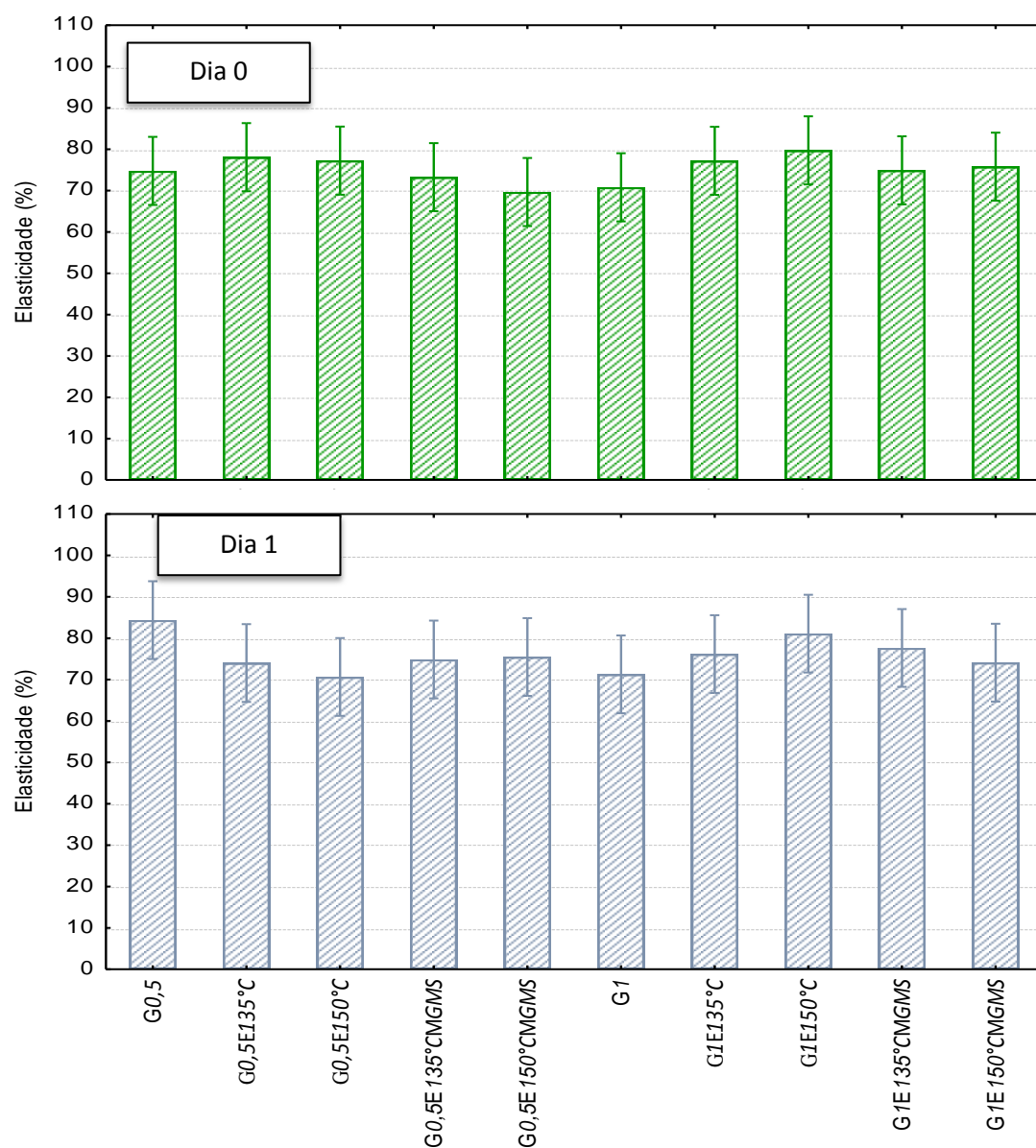


Figura 22 - Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações com pré-tratamentos em que se adicionou melhorantes (0,5 e 1 mm), com os respectivos níveis de significância (I)

Na figura 22, são apresentados a elasticidade do miolo dos pães em que se aplicou extrusão e se adicionaram emulsionantes. Tanto no dia 0 como no dia 1 não se observam diferenças significativas entre as amostras (Anexo Vc).

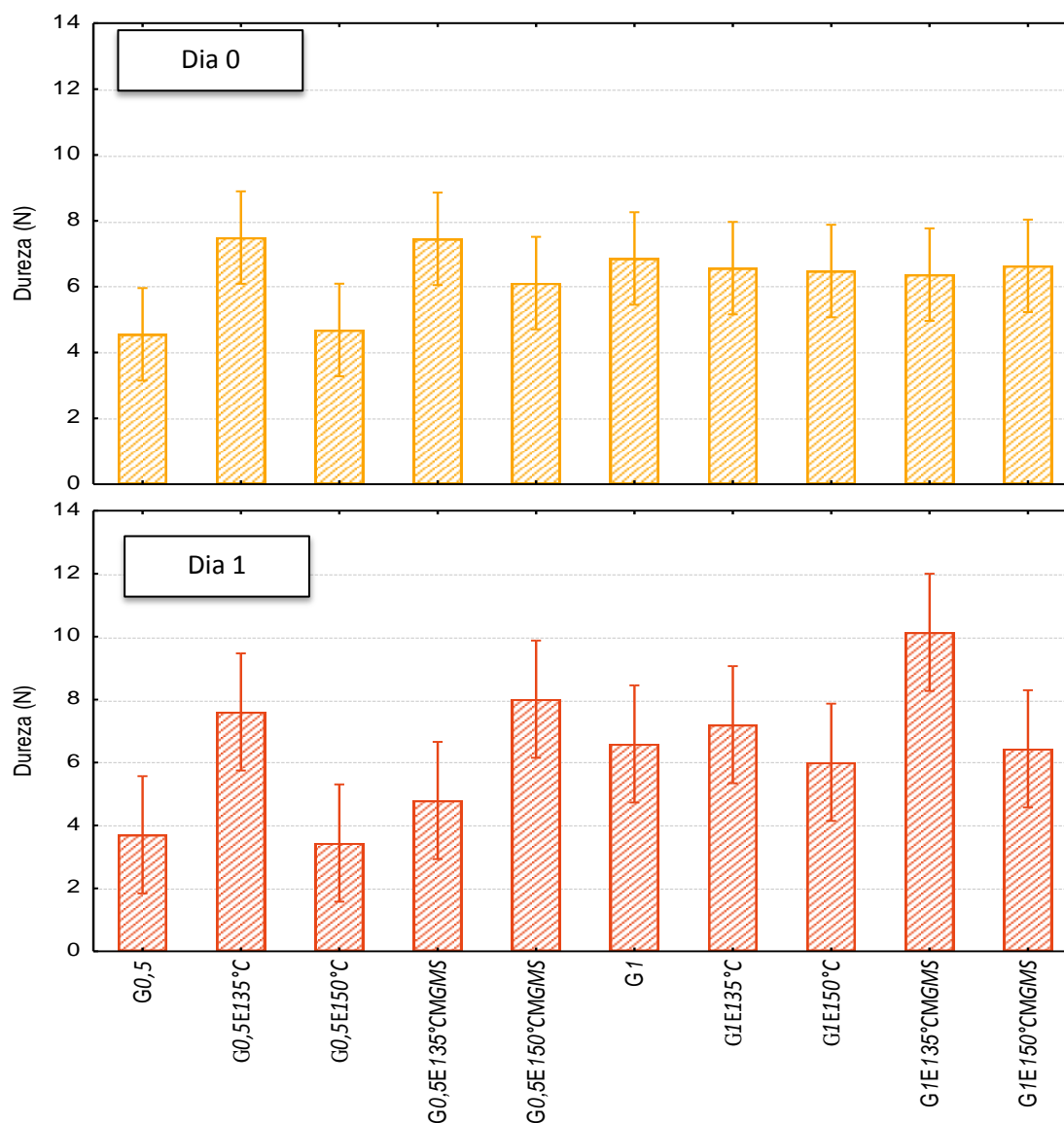


Figura 23 - Dureza da côdea no dia 0 e no dia 1 dos pães de formulações com pré-tratamentos em que se adicionou melhorantes (0,5 e 1 mm), com os respectivos níveis de significância (I)

Na figura 23, apresentam-se os resultados de dureza da côdea, no dia 0 e no dia 1, das formulações em que se aplicou extrusão e adicionou emulsionantes. No dia 0 não existem diferenças significativas entre os pães. No dia 1, existem diferenças significativas entre o pão $G_1E_{135}M_{GMS}$, sendo o pão que apresenta maior dureza, e o pão $G_{0,5}$, $G_{0,5}E_{150^\circ C}$ e o pão $G_{0,5}E_{135^\circ C}M_{GMS}$, sendo estes 3 pães os que apresentam menor dureza da côdea. Verifica-se, ainda, diferenças entre o pão $G_{0,5}E_{150^\circ C}$ e o pão $G_{0,5}E_{150^\circ C}M_{GMS}$ (Anexo Vb), mostrando uma má actuação do GMS, porém este efeito não se verifica na granulometria 1mm.

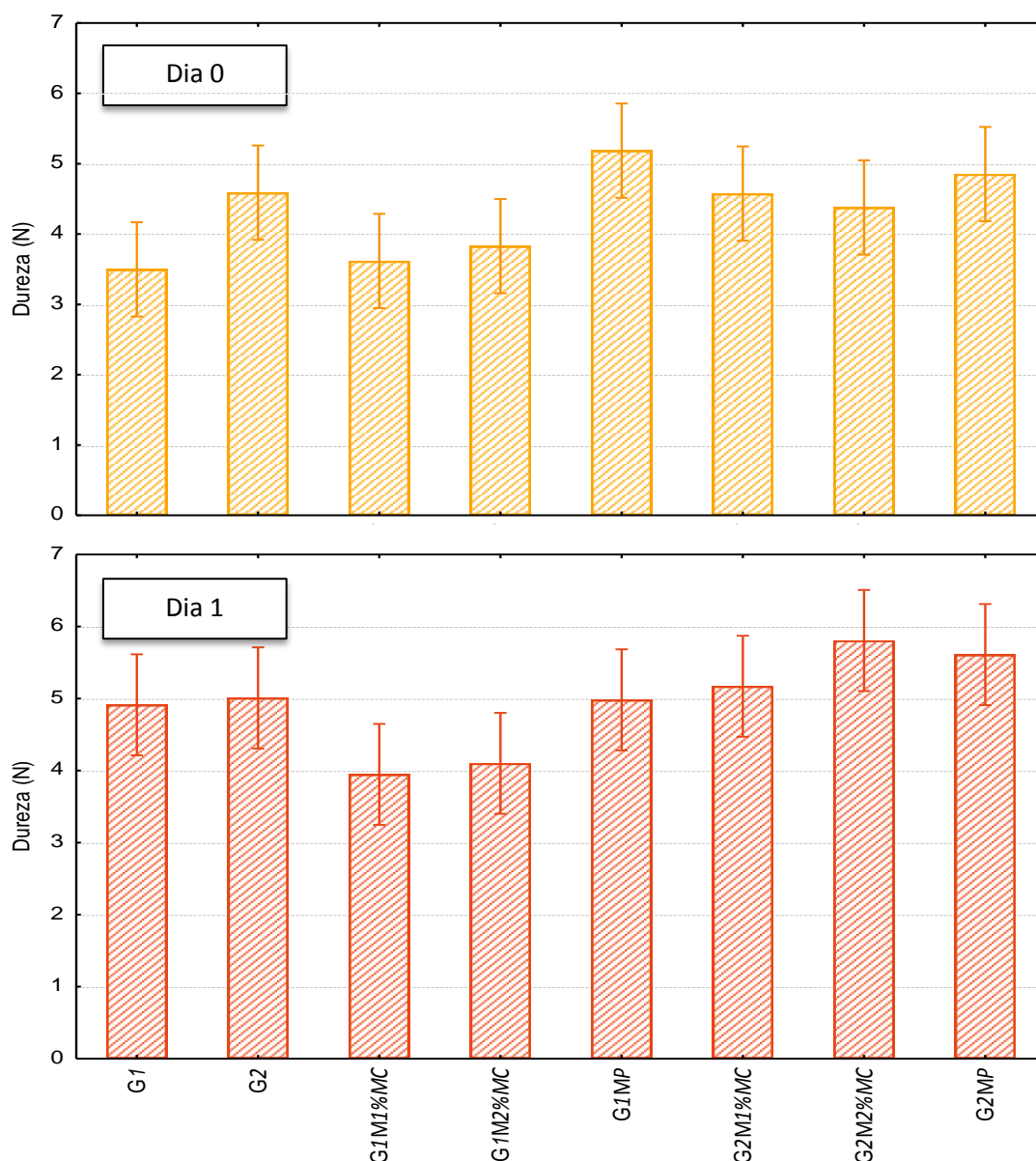


Figura 24 – Dureza do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (1 e 2 mm), com os respectivos níveis de significância (I)

Na figura 24 apresenta-se a dureza dos pães, no dia 0 e no dia 1, das formulações em que se adicionou pectina e metilcelulose, apenas nas granulometrias 1mm e 2mm como já foi mencionado. Em relação à dureza do miolo o pão G_1M_P é significativamente diferente do pão G_1 e do pão $G_1M_{1\%MC}$, verificando-se que a adição não teve efeito positivo na redução da maciez do miolo, sendo o pão que apresenta maior valor de dureza. Em relação à elasticidade nenhuma formulação apresenta diferenças significativas (Anexo VIa).

No dia 1, em relação à dureza do miolo pode-se dizer que o pão $G_1M_{1\%MC}$ é significativamente diferente do pão $G_2M_{2\%MC}$ e do pão G_2M_P , sendo estes últimos o que apresentam maior dureza, verificando-se um aumento de dureza elevado no pão $G_2M_{2\%MC}$ em relação ao dia 0. Ainda se verifica diferenças significativas entre o pão $G_1M_{2\%MC}$ e o pão

G₂M₂%MC, sendo este ultimo o pão que apresenta maior dureza entre todas as formulações (Anexo VIa).

No que diz respeito ao envelhecimento do pão, não há qualquer indício deste, uma vez que não existem diferenças significativas entre os pães (Anexo VIId).

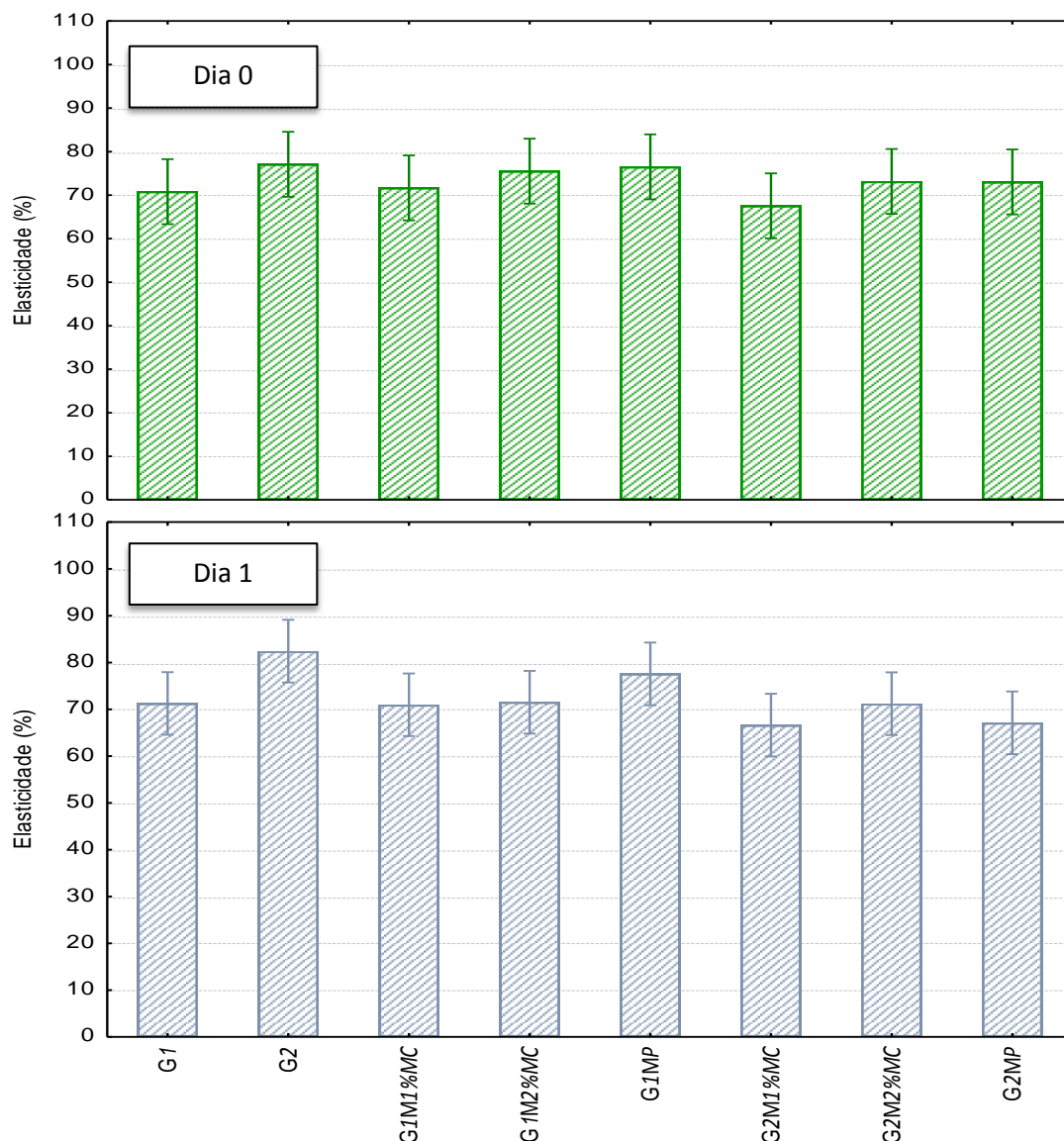


Figura 25 – Elasticidade do miolo dos pães no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (1 e 2mm), com os respectivos níveis de significância (I)

No que diz respeito à elasticidade do miolo (Fig.25) verifica-se que o pão G₂ é significativamente diferente do pão G₂M₁%MC e do pão G₂M_P, uma vez que o pão G₂ é o que apresenta maior capacidade de recuperação (Anexo VIc).

Estes emulsionantes (MC e P) não têm um efeito tão positivo em relação à maciez do miolo quando comparados ao GMS e ao SSL, uma vez que apresentam valores superiores de dureza.

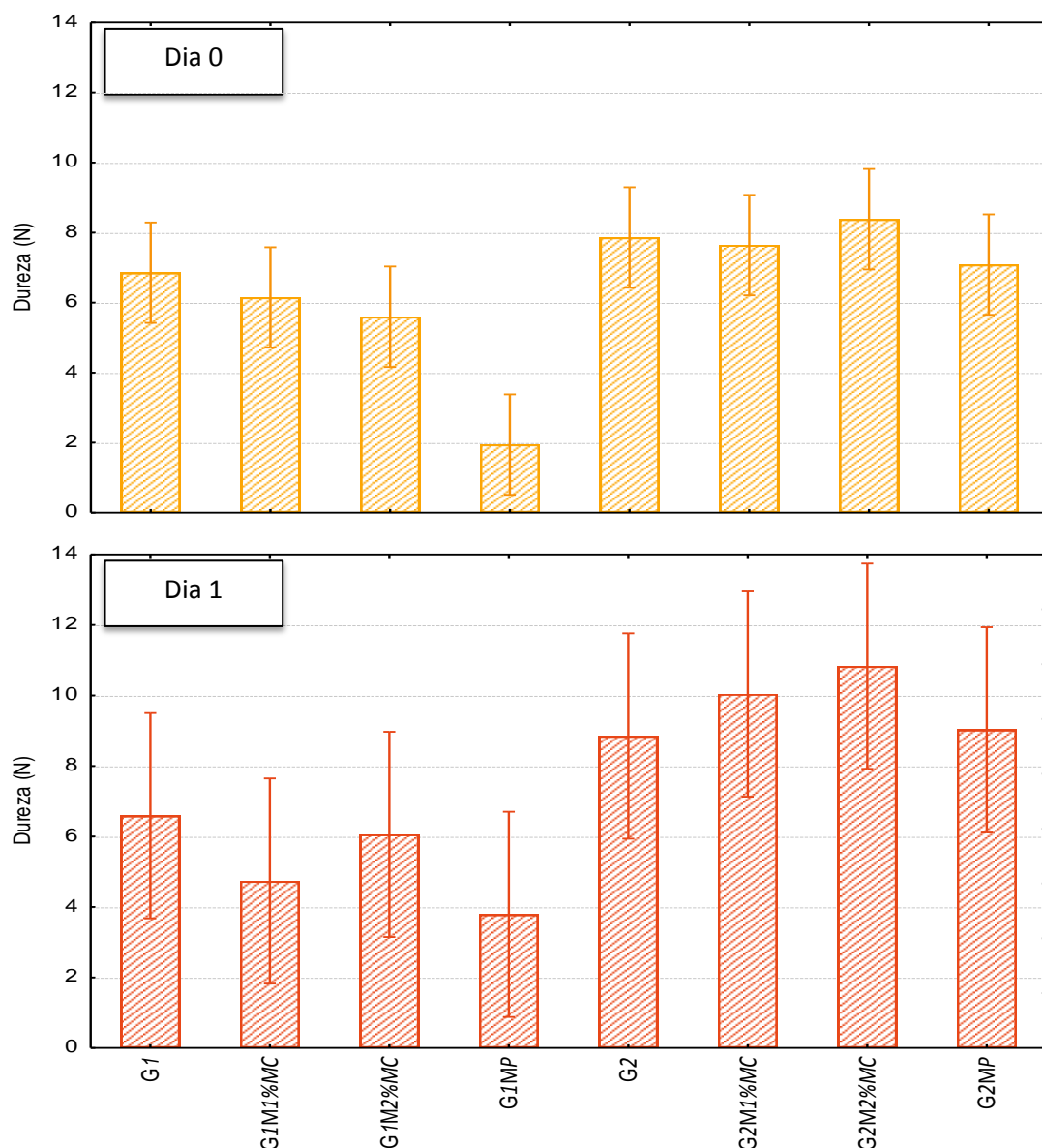










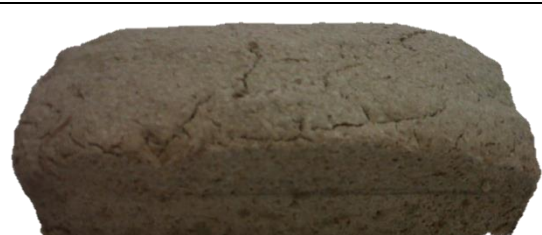



Figura 26 - Dureza de cõdea dos pães no dia 0 e no dia 0 e no dia 1, nas formulações em que se adicionou melhorantes (1 e 2mm), com os respectivos níveis de significância (I)















Em relação à dureza da cõdea no dia 0 (Fig.26), há uma evidência clara que todas as formulações são significativamente diferentes do pão G_1M_P (Anexo VIb), este valor está em total desacordo quando relacionado com o miolo, podendo-se justificar este sucedido com algum erro técnico no momento da medição. No dia 1, observa-se uma diferença significativa entre o pão G_1M_P e o pão $G_2M_{2\%MC}$ (Anexo VIb), sendo o pão G_1M_P o que apresenta menor dureza.

3.3.2. Influência do tempo de fermentação

➤ Avaliação qualitativa dos pães

Tabela 9 – Aspetto visual das formulações em que se variou o tempo de fermentação

| Pão | Aparência exterior | Aparência interior |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometria 2mm - 20min (G ₂ F ₂₀) |  |  |
| Granulometria 2mm - 30min (G ₂ F ₃₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 1% GMS - 20min (G ₂ M _{GMS} F ₂₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 1% GMS - 30min (G ₂ M _{GMS} F ₃₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 1% SSL - 20min (G ₂ M _{SSL} F ₂₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 1% SSL - 30min (G ₂ M _{SSL} F ₃₀) |  |  |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Granulometria 2mm +0,5% GMS + 0,5% SSL- 20min (G ₂ M _{GMS/SSL} F ₂₀) |  |  |
| Granulometria 2mm +0,5% GMS + 0,5% SSL- 30min (G ₂ M _{GMS/SSL} F ₃₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 2% Pectina-20min (G ₂ M _P F ₂₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 2% Pectina-30min (G ₂ M _P F ₃₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 1% Metilcelulose - 20min (G ₂ M _{1%MC} F ₂₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 1% Metilcelulose – 30min (G ₂ M _{1%MC} F ₃₀) |  |  |
| Granulometria 2mm + 2% Metilcelulose – 20min (G ₂ M _{2%MC} F ₂₀) |  |  |



Na tabela 9 são representadas as diferentes formulações de pão em que se fez variar o tempo de fermentação, tendo sido utilizados, como já foi referido, os tempos de 20, 30 e 45 minutos, sendo este último apresentados na tabela 6 e 8. Com o decorrer dos ensaios, decidiu-se que a farinha de aveia moída num crivo de 2mm seria a indicada para prosseguir para esta avaliação. Deste modo, optou-se por adicionar à formulação base diferentes melhorantes e variar os tempos de fermentação. O estudo de diferentes tempos de fermentação na mesma formulação teve como objetivo avaliar se a estrutura do pão poderia reter de forma mais eficaz o dióxido de carbono produzido, se os tempos de fermentação fossem mais curtos. A nível visual todas as formulações, nos diferentes tempos de fermentação, apresentam estrutura exterior e interior muito semelhante.

➤ Massa volúmica

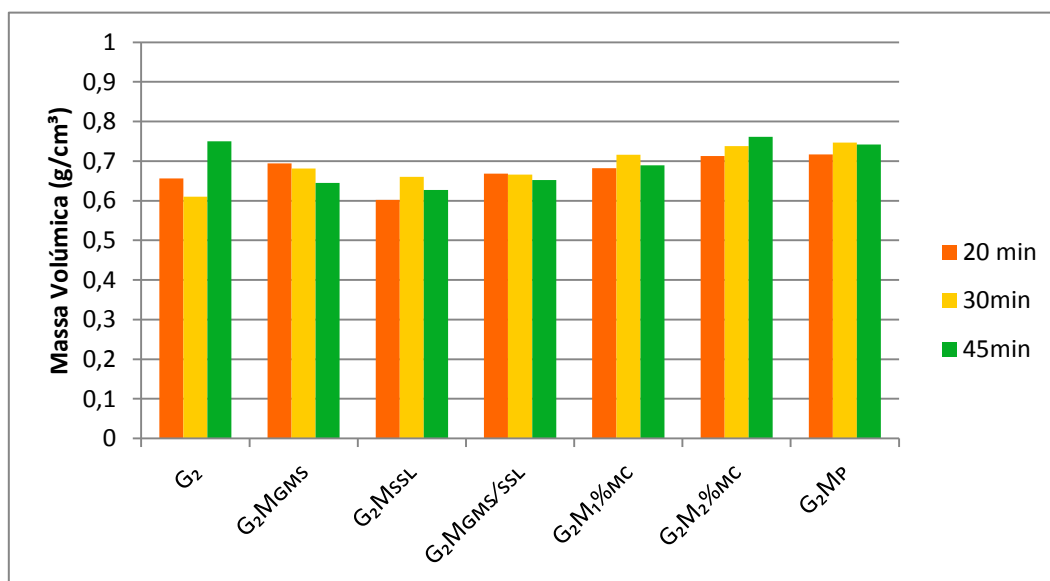


Figura 27 – Massa volúmica das formulações em que se variou os tempos de fermentação

Nos ensaios anteriores utilizou-se sempre um tempo de fermentação de 45 minutos. Tendo como objetivo avaliar se a tempos mais curtos se poderia obter maiores volumes de pão, isto é, se a massa já estava a perder algum gás, procedeu-se a ensaios a diferentes tempos de fermentação, apresentando-se os resultados na figura 27. A seleção destes tempos teve por base um ensaio em que se observou, visualmente, de 10 em 10 minutos se a massa aumentava de volume. Verificou-se que a partir dos 45 minutos a massa não crescia mais e a partir dos 50 minutos aparentava perda de volume. Observou-se, também, que antes dos 15

minutos de fermentação não se registava ainda qualquer aumento de volume e que o maior aumento de volume se dava entre os 20 minutos e os 30 minutos de fermentação. Com base nesta observação estabeleceu-se os tempos de fermentação para o estudo; 20, 30 e 45 minutos.

Em algumas formulações verifica-se que o tempo de fermentação tem influência sob a massa volúmica do pão. Em relação à formulação base (G_2) pode-se afirmar que o tempo de 30 minutos seria o indicado para obter um pão mais volumoso e menos denso, porém o mesmo não se verifica nas formulações em que há adição de emulsionantes. Nas formulações em que se adicionou emulsionantes observou-se que os pães que fermentaram 45 minutos apresentavam menor volume, ou seja, quando se adicionam melhorantes parece que o tempo de fermentação deve ser mais elevado, para que aqueles tenham tempo suficiente de actuar e, assim, obter um pão menos denso.

Nos pães em que se adicionou MC verifica-se que a sua concentração interfere com a massa volúmica obtida em diferentes tempos de fermentação. Quando a quantidade introduzida é de 2% o pior resultado de massa volúmica obtém-se nos 45 minutos de fermentação, enquanto que quando se adiciona 1% a formulação que apresenta maior massa volúmica é a que fermentou 30 minutos. Parece assim que o aumento da concentração de MC juntamente com o aumento de tempo de fermentação não é favorável.

Em relação ao pão em que se adicionou SSL, verifica-se que o pão que apresentou melhor volume é o que fermentou durante 20 minutos indicando que o SSL tem efeito positivo a tempos de fermentação mais baixos.

De modo geral, todas as formulações tem massa volúmica muito elevada quando comparado com o pão de trigo, porem é sabido que a qualidade final dos pães sem glúten é inferior ao pão de trigo (Hager *et al.*, 2012). Ao comparar a massa volúmica de pães de aveia de três tipos de farinha de aveia comercial estudado por Huttner (2010) com os resultados obtidos neste trabalho verifica-se que os resultados são semelhantes. A massa volúmica dos 3 pães resultantes das farinhas comerciais variam entre 0,60 e 0,88 g/cm³ enquanto que no presente estudo, as formulações sem tratamentos térmicos, variam entre 0,59 e 0,76 g/cm³ e das formulações que sofreram tratamentos entre 0,85 e 0,97 g/cm³.

➤ Textura

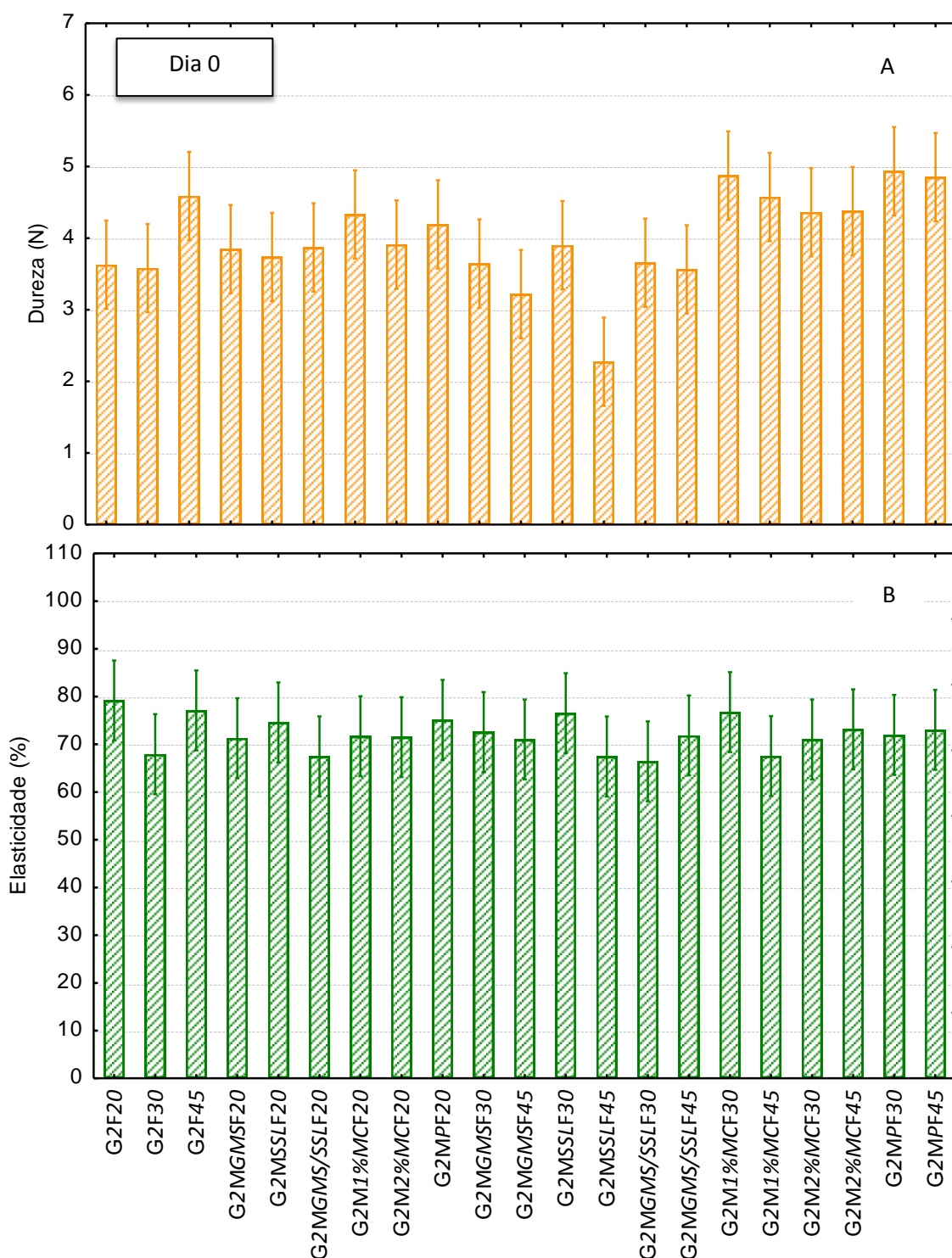


Figura 28 – Dureza (A) e Elasticidade (B) do miolo dos pães no dia zero, nas formulações em que se variou os tempos de fermentação, com os respectivos níveis de significância (I)

Na figura 28 são apresentados os resultados da dureza e a elasticidade do miolo nas diferentes formulações em diferentes tempos de fermentação. É aparente que o pão $G_2M_{SSL}F_{45}$ é o que apresenta menor dureza, sendo significativamente diferente dos pães $G_2M_{1\%MC}$ nos 3 tempos de fermentação, dos pães $G_2M_{2\%MC}$ nos 3 tempos de fermentação, dos pães G_2M_P nos 3 tempos de fermentação, do pão G_2F_{45} , do pão $G_2M_{GMS/SSL}F_{20}$ e do pão $G_2M_{SSL}F_{30}$ (Anexo

VIIa). A elevada dureza do pão estreme que fermentou 45 minutos e do pão em que se adicionou SSL e fermentou 30 minutos está de acordo com os resultados obtidos na massa volúmica, pois estes foram os que dentro do seu grupo (mesma formulação e tempos diferentes de fermentação) apresentavam maior densidade e consequentemente, como se pode observar neste parâmetro, são os que exigem maior força. As formulações em que se adicionou metilcelulose, 1 e 2%, e pectina nos 3 tempos de fermentação não apresentaram resultados positivos, indicando que estes melhorantes não são favoráveis para redução de dureza do miolo. Ainda se encontram diferenças significativas entre o pão $G_2M_{GMS}F_{45}$ e os pães $G_2M_{1\%MC}F_{30}$, $G_2M_{PF}F_{30}$ e $G_2M_{PF}F_{45}$ (Anexo VIIa) sendo o pão $G_2M_{GMS}F_{45}$ o que apresenta menos dureza e as formulações em que se adicionou pectina as mais duras, indo estes valores ao encontro do que se verificou na análise da massa volúmica. Mais uma vez, se certifica que a aplicação de pectina e metilcelulose não é vantajosa para a redução da dureza do pão.

Em relação à elasticidade (Fig.28B) não se verifica qualquer tipo de diferença entre as amostras (Anexo VIIc).

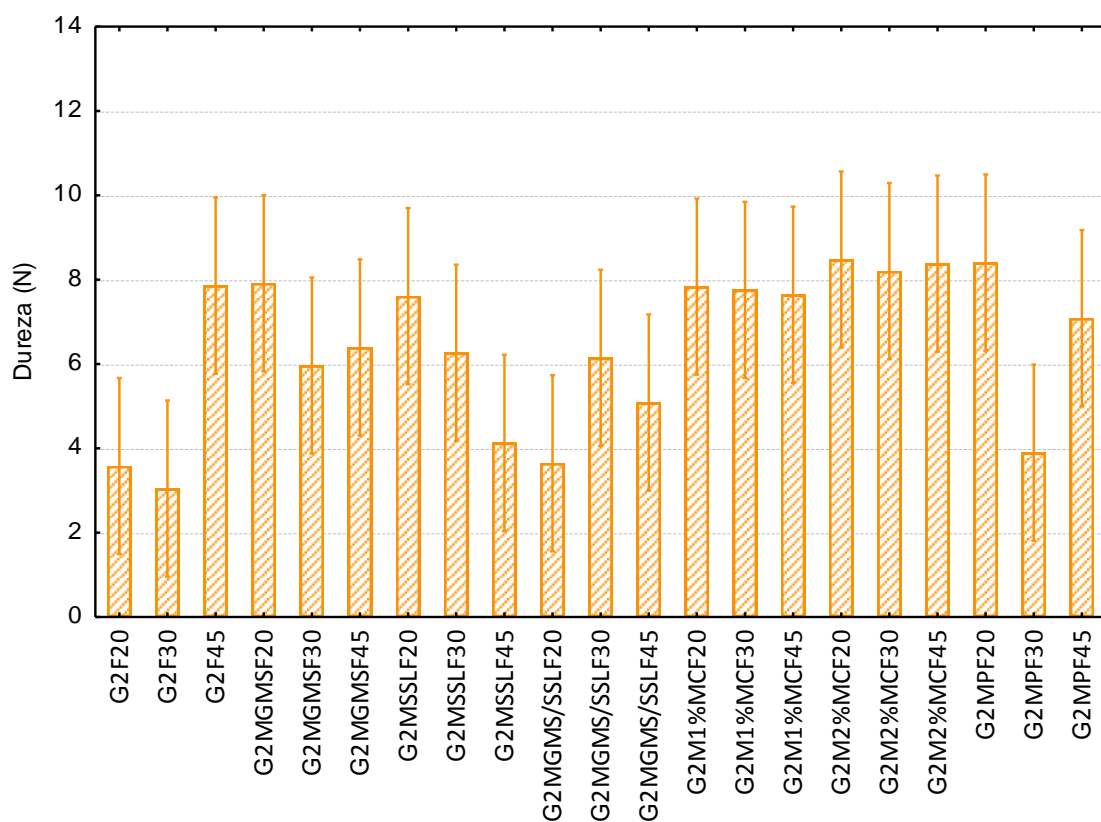


Figura 29 – Dureza da cõdea dos pães no dia zero, nas formulações em que se variou os tempos de fermentação, com os respetivos níveis de significância (I)

Em relação à dureza da cõdea apresentada na figura 29 e com apoio do Anexo VIIb é possível dizer que não existem diferenças significativas entre as amostras.

V. Conclusões

Após realização deste trabalho experimental é possível retirar várias conclusões, uma vez que foram estudados diferentes parâmetros com algumas variantes. Tendo em conta os resultados obtidos, é possível afirmar que a granulometria afeta o grau de hidratação das farinhas, sendo maior quanto menor for a granulometria da farinha. Este efeito é reforçado quando se aplica o processo de extrusão-cozedura e a cozedura a vapor, sendo o grau de hidratação das farinhas sem qualquer tipo de tratamento muito semelhante ao da farinha de trigo.

Em relação à textura do miolo, o pão obtido não apresentava estrutura alveolada como se desejaria. Porém este é um dos problemas dos pães sem glúten. As formulações em que se utilizou farinha de menor granulometria apresentavam sabor amargo, sendo este defeito corrigido em parte quando se aumentou a granulometria. Quanto ao aroma, os pães ostentavam um cheiro extremamente agradável.

Foram observadas alterações nas propriedades das farinhas da aveia, o que faz pensar que deverá ter ocorrido alterações estruturais da aveia após processo de extrusão cozedura, embora estas alterações não fossem as desejadas. Os pré-tratamentos aplicados à aveia conduziram a efeito negativo sobre a densidade, obtendo-se pães com elevados valores de massa volúmica, sendo os que sofreram cozedura a vapor os que obtiveram piores resultados. A variação de granulometria indicou-nos que pães produzidos a partir de farinhas com maior dimensão resultavam em pães mais densos.

Em relação aos melhorantes utilizados verifica-se efeito positivo do SSL e do GMS, no que diz respeito ao volume no pão produzido com farinha de maior granulometria. Tanto a adição de metilcelulose e pectina levaram a resultados menos interessantes. Uma vez que os melhorantes foram utilizados isoladamente, em trabalho futuro poderia ser explorado a utilização em conjunto com outros adjuvantes tecnológicos.

A nível de textura conclui-se que a dureza aumenta com o aumento de granulometria. No caso dos pré-tratamentos, os pães extrudidos com granulometria de 1mm são os pães mais duros. No que diz respeito aos emulsionantes, o SSL apresenta efeito positivo na diminuição da dureza e nas características de envelhecimento, sendo mais eficaz quando utilizado em farinhas de maiores granulometrias. Os pães com pectina são os que apresentam maior dureza, o aumento de concentração de metilcelulose provoca o mesmo efeito.

Em relação ao estudo dos tempos de fermentação pode-se concluir que os pães produzidos com pectina e a metilcelulose apresentam a maior massa volúmica nos diferentes tempos de fermentação. O pão produzido com a formulação base apresenta melhor volume quando o seu tempo de fermentação é 30 minutos. O pão produzido com adição de SSL exhibe melhor volume no tempo de fermentação 20 minutos. Quando se fala de textura, o pão que fermentou 45 minutos e em que se adicionou SSL é o que apresenta menor dureza.

Como se pode constatar é difícil escolher a melhor fórmula panar, pois foram estudadas vários fatores, sendo que algumas formulações têm melhores resultados consoante os

parâmetros em estudo. De qualquer modo podem-se concluir que os melhores pães são aqueles em que as farinhas utilizadas tinham maior granulometria, apresentando menor grau de hidratação e melhores atributos sensoriais. A extrusão-cozedura e a cozedura a vapor não apresentaram resultados favoráveis perante a massa volúmica e dureza. Em relação aos emulsionantes o SSL é o que apresenta características mais interessantes, tanto a nível de dureza como de massa volúmica, enquanto a pectina e a metilcelulose não apresentam resultados desejáveis. A capacidade de recuperação dos pães foi benéfica em todas as formulações. No que diz respeito ao envelhecimento do pão, não foram verificadas alterações no segundo dia de análise. Posto isto, pode-se dizer, que o pão que apresenta melhores características é o produzido com a farinha de granulometria 2mm, sem aplicação de tratamentos nem adição de emulsionantes, fermentado durante 30 minutos.

Este estudo poderá ser útil e servir de base para orientação de novos planos de trabalho com o fim de melhorar o produto. Para tal deixo algumas sugestões para trabalhos futuros. Determinar qual a melhor consistência farinográfica, que não o método utilizado, de modo a obter uma boa maquinabilidade das massas e completando este processo com a caracterização reológica. Utilizar processos alternativos de panificação. Estudar a ação de outros adjuvantes tecnológicos. Aprofundar o estudo sobre o tratamento térmico da aveia de modo a reduzir o sabor amargo. Adicionar outras farinhas com potencial nutricional, que não o trigo, de modo a enriquecer o pão. Por fim, quando estiver tudo bem delineado, sugiro a realização de provas sensoriais.

A produção de pão sem glúten continua a ser um desafio para a indústria alimentar e o tema de muitas investigações que pretendem o melhoramento das características deste tipo de pães. Espero que o meu contributo sirva de alavanca e que auxilie trabalhos futuros, de modo a alcançar uma fórmula ótima e que futuramente este seja um produto comercializado e apreciado pelos consumidores.

VI. Referencias Bibliográficas

- Arendt, E. (2002). Development of gluten-free cereal products. *Baking + Biscuit International*, 1: 38-40.
- Azizi, M.H., Rao, G.V. (2005). Effect of storage of surfactant gels on the bread making quality of wheat flour. *Food Chemistry*, 89(1): 133-138.
- Bakke, A., Vickers, Z. (2007). Consumer liking of refined and whole wheat breads. *Journal of Food Science*, 72(7): 473-480.
- Bloksma, A.H., Bushuk, W. (1988). Reology and Chemistry of dough. In: Pomeranz, Y. (ed.) *Wheat – Chemistry and Technology*. Minnesota: American Association of Cereal Chemists, St.Paul, Vol.2.
- Brennan, C.S., Cleary, L.J. (2005). The potential use of cereal (1→3,1→4)-beta-D-glucans as functional food ingredients. *Journal of Cereal Science*, 42(1): 1-13.
- Chu, Y-F, Wise, M.L., Gulvady, A.A., Chang, T., Kendra, D.F., Klinken, J-W. B., Shi, Y., O'Shea, M. (2013). *In vitro* antioxidant capacity and anti-inflammatory activity of seven common oats. *Food Chemistry*, 139(1-4): 426-431.
- Canella-Rawls, S. (2003). *Pão: arte e ciência*. Senac, São Paulo, Brasil.
- Cauvain, S.P. (1998). Other cereals in breadmaking. In: Cauvain SP, Young LS (eds.), *Technology of breadmaking*. Blackie Academic and Professional, London, pp. 330–346.
- Costa, S.B. (2011). *Material teórico de apoio às aulas de Tecnologia dos Cereais*. Mestrado de Engenharia Alimentar, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.
- Cureton, P., Fasano, A. (2009). The increasing incidence of celiac disease and the range of gluten-free products in the marketplace. In: Gallagher, E. (ed.), *Gluten-free Food Science and Technology*. Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, pp. 1-15.
- Damodarm, S., Parkin, K.L., Fennema, O.R. (2010). *Química de Alimentos de Fennema*. Artemed, 4ª edição.
- Decock, P., Cappelle, S. (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science and Technology*, 16 (1–3): 113–120.

Demirkesen, I., Mert, B., Sumnu, G., Sahin, S. (2010). Rheological properties of gluten free bread formulations. *Journal of Food Engineering*, 96(2): 295–303.

Dewettinck, K., Bockstaele, F.V., Kuhne, B., Walle, D.V., Courtens, T.M., Gellynck, X. (2008). Nutritional value of bread: Influence of processing, food interaction and consumer perception. *Journal of Cereal Science*, 48(2): 243-257.

Dias, M.C.S. (2007). Estudo da Prevalência da Doença Celíaca em Pacientes com Síndrome de Turner. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre no curso de Pós-Graduação em Medicina. Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília, Brasília.

Duss, R., Nyberg, L. (2004). Oat Soluble Fibers (β -Glucans) as a source for healthy snack and breakfast foods. *American Association of Cereal Chemists – Cereal Foods World*, 49(6): 320-325.

European Commission (2012). Commission Regulation (EU) 432/2012 of 16-05-2012.

Flander, L., Rouau, X., Morel, M., Autio, K., Seppanen-Laakso, T., Kruus, K., Buchert, J.(2008). Effects of laccase and xylanase on the chemical and rheological properties of oat and wheat doughs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14): 5732-5742.

Food and Drug Administration (1997). *Food Labeling: Health Claims; Oats and Coronary Heart Disease*. Departament of Health and Human Services. Federal Register, 63(5): 3584-3601.

Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K. (2003). Crust and crumb characteristics of gluten free breads. *Journal Food Engineering*, 56(2-3):153-161.

Gallagher, E., Gormley, T.R., Arendt, E.K. (2004). Recent advances in the formulation of gluten-free cereal-based products. *Trends Food Science Technology*, 15(3-4):143-152.

Garsed, k.m Scott, B.B. (2007). Can oats be taken in a gluten-free diet? A systematic review. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 42(2): 171-178.

Gélinas, P., McKinnon, C.M., Mena, M.C., Mendez, E. (2008). Gluten contamination of cereal foods in Canada. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(7): 1245-1252.

Gellynck, X., Kuhne, B., Bockstaele, F.V., Walle, D.V., Dewettinck, K. (2009). Consumer perception of bread quality. *Appetite*, 53(1): 16-23.

- Gómez, M., Real, S., Rossel, C.M., Ronda, F., Blanco, C.A., Caballero, P.A. (2004). Functionality of different emulsifiers on the performance of breadmaking and wheat bread quality. *European Food Research Technology*, 219(2): 145-150.
- Hager, A.S., Wolter, A., Czerny, M., Bez, J., Zannini, E., Arendt, E.K., Czerny, M. (2012). Investigation of product quality, sensory profile and ultrastructure of breads made from a range of commercial gluten-free flours compared to their wheat counterparts. *European Food Research Technology*, 235(2): 333-344.
- Hager, A.S., Wolter, A., Jacob, F., Zannini, E., Arendt, E.K. (2012). Nutritional properties and ultra-structure of commercial gluten free flours from different botanical sources compared to wheat flours. *Journal of Cereal Science*, 56(2): 239-247.
- Heller, L. (2009). Commercial aspects of gluten-free products. In: Gallagher, E. (ed) *Gluten-free Foods Science and Technology*. Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, pp. 99-106.
- Huttner, E.K., Bello, F.D., Arendt, E.K. (2010). Rheological properties and bread making performance of commercial wholegrain oat flours. *Journal of Cereal Science*, 52(1): 65-71.
- Holguín-Acuna, A., Carvajal-Millán, E., Santana-Rodríguez, V., Rascón-Chu, A., Márquez-Escalante, J.A., León-Renova, N.E.P., Gastelum-Franco, G. (2008). Maize bran/oat flour extruded breakfast cereal: A novel source of complex polysaccharides and an antioxidant. *Food Chemistry*, 111(3): 654-657.
- Houben, A., Hochstotter, A., Becker, T. (2012). Possibilities to increase the quality in gluten-free bread production: an overview. *European Food Research and Technology*, 235: 195-208.
- Janatuinen, E.K., Kemppainen, T.A., Julkunen, R.J.K., Kosma, V-M., Maki, M., Heikkinen, M., Uusitupa, M.I.J. (2002). No harm from five years ingestion of oats in celiac disease. *Gut*, 50: 332-335.
- Janatuinen, E.K., Kemppainen, T.A., Pikkarainen, P.H., Holm, K.I.T., Kosma, V.M., Uusitupa, M.I., Maki, M., Julkunen, R.J. (2000). Lack of cellular and humoral immunological responses to oats in adults with coeliac disease. *Gut*, 46: 327-331.
- Jiang, D., Peterson, D.G. (2013). Identification of bitter compounds in whole wheat bread. *Food Chemistry*, 141(2): 1345-1353.

Kang, M.Y., Choi, Y.H., Choi, H.C. (1997). Effects of gums, fats and gluten adding on processing and quality of milled rice bread. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 29(4): 700-704.

Kent, N.L. (1971). *Tecnología de los Cereales*. Editorial Acribia. Zaragoza, Espanha.

Kilcast, D., Subramaniam, P. (2000). *The stability and shelf life of food*. Woodhead Publishing in Food Science and Technology, Cambridge.

Klose, C., Arendt, E. K. (2011). Proteins in oats; their synthesis and changes during germination: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 52(7), 629-639.

Koksel, H. F. (2009). *Effects of xanthan and guar gums on quality and staling of gluten free cakes baked in microwave-infrared combination oven*. Dissertation on the Degree of Master of Science in Food Engineering. School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.

Kumar, P.J., Smith, J.W., Milla, P., Harris, G., Colyer, J., Halliday, R. (1988). The teenage celiac: follow up study of 102 patients. *Archives of Disease in Childhood*, 63(8): 916-920.

Lafiandra, D., Masci, S., e D'ovidio R. (2004). *The gluten proteins*. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Lamontagne, P., West, G., Galibois, I. (2001). Quebecers with celiac disease: analysis of dietary problems. *Canadian Journal of Dietetic and Research*, 62(4): 175–181.

Lazaridou, A., Duta, D., Papageorgiou, M., Belc, N., Biliaderis, C.G. (2007). Effects of hydrocolloids on dough rheology and bread quality parameters in gluten-free formulations. *Journal of Food Engineering*, 79(3): 1033-1047.

Leffler, D.A., Edwards-George, J., Dennis, M., Schuppan, D., Cook, F., Franko, D.L., Blom Hoffman, J., Kelly, C.P. (2008). Factors that influence adherence to a gluten-free diet in adults with celiac disease. *Digestive Diseases and Sciences*, 53(6): 1573-1581.

León, A., Rosell, C.(2007). Cap.5 – Cereales menores: avena, sorgo e mijo. *De tales harinas, tales panes – granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*, 1ª edição, Córdoba.

Londono, D.M., Westende, W.P.C., Goryunova, S., Salentijn, E.M.J., Broeck, H.C., Meer, I.M., Visser, R.G.F., Gilissen, L.J.W.J., Smulders, M.J.M. (2013). Avenin diversity analysis of the genus *Avena* (oat). Relevance for people celiac disease. *Journal of Cereal Science*, 58: 170-177.

- Malkki, Y., Virtanen, E. (2001). Gastrointestinal effects of oat bran and oat gum: a review. *LWT – Food Science and Technology*, 34(6): 337-347.
- Matz, S.A. (1991). Cap. III – Oats. *The Chemistry and Technology of Cereals as food and feed*. 2nd Edition, Copyright, USA, pp. 107-134.
- Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, 56(2-3): 181-188.
- Meuser, F., Brummer, J.M., Seibel, W. (1994). Bread varieties in Central Europe. *Cereal Food World*, 39: 222-230.
- Meydani, M. (2009). Potential health benefits of avenanthramides of oats. *Nutrition Reviews*, 67(12): 731-735.
- Murray, J.A., Watson, T., Clearman, B., Mitros, F. (2004). Effect of a gluten-free diet on gastrointestinal symptoms in celiac disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 79(4): 669–73.
- Niva, M. (2007). “All foods affect health”: Understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns. *Appetite*, 48(3): 384–393.
- Olivera, H. (2008). *O consumo de alimentos funcionais – atitudes e comportamentos*. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Ciências da Comunicação, especialização em Marketing e Comunicação Estratégica. Universidade Fernando Pessoa, Porto.
- Ovando-Martínez, M., Whitney, K., Reuhs, B.L., Doehlert, D.C., Simsek, S. (2013). Effect of hydrothermal treatment on physicochemical and digestibility properties of oat starch. *Food Research International*, 52(1): 17-25.
- Pateras, I.M.C. (1998). Bread spoilage and staling. In: Cauvain, S.P. , Young, L.S.(eds.), *Technology of Breadmaking*, Blackie Academic e Professional, London.
- Pedro, N., Lopes, S., Szantho, A., Costa, A., Moura, J.J. (2008). Doença Celíaca – revisão de conceitos e novos desenvolvimentos. *Revista da Sociedade Portuguesa de Medicina Interna*, 16 (1): 62-68.

Pérez, G., Docena, G., Curciarello, R. (2009). Productos de panificación dirigidos a grupos especiales de la población. In: Lutz, M., León, A.E. (eds.), Aspectos nutricionales y saludables de los productos de panificación, Universidad de Valparaíso, Chile, pp. 168-182.

Peterson, D. M. (2001). Oat antioxidants. *Journal of Cereal Science*, 33(2): 115-129.

Picarelli, A., Tola, M.D., Sabbatella, L., Gabrielli, F., Cello, T.D., Anania, M.C., Mastracchio, A., Silano, M., Vincenzi, M.D. (2001). Immunologic evidence of no harmful effect of oats in celiac disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, 74(1): 137-140.

Ponte, J.G.(1971). Bread. In: Pomeranz, Y .(ed.), *Wheat - Chemistry and Technology*., Minnesota: American Association of Cereal Chemists, St. Paul ,Vol.3.

Portaria nº 425/98 de 25 de Julho. *Diário da República nº 170/98 – I Série*. Ministério da Economia, da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas e da Saúde. Lisboa.

Rayas-Duarte,P., Majewska,K.,Doetskott, C. (1998). Effect of extrusion process parameters on the quality of buckwheat mixes. *Cereal Chemistry*, 75(3): 338-345.

Regulamento (CE) Nº 41/2009 da Comissão de 20 de Janeiro de 2009 relativo à composição e rotulagem dos géneros alimentícios adequados a pessoas com intolerância ao glúten. *Jornal Oficial da União Europeia*.

Repo-Carrasco-Valencia, R., Pena, J., Kallio, H., Salminen, S. (2009). Dietary fiber and other functional componente in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Journal of Cereal Science*, 49(2): 219-224.

Rong Yan, M. (2007). *The cause of bitter flavour development in toasted rolled oats (Avena sativa L.)*. Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Ciências Aplicadas, University of Technolohy Auckland, New Zealand.

Rostom, A., Murray, J.A., Kagnoff, M.F. (2006). American Gastroenterological Association (AGA) Institute Technical Review on the Diagnosis and Management of Celiac Disease. *Gastroenterology*, 131: 1981-2002

Salovaara, H.O., Kanerva, P., Loponen, J., Sontag-Strohm, T.S. (2010). Oats in gluten-free diet, considerations of a pragmatic policy. In: *Second International Symposium on Gluten-free Cereal Products and Beverages*. University of Helsinki, Tampere, Finland, pp. 193-194.

- Saufer, C.E. (1998). Principles of dough formation. In: Cauvain, S.P., Young, L.S. (eds.), *Technology of Breadmaking*. London: Blackie Academic & Professional.
- Schober, T.J. (2009). Manufacture of gluten-free speciality breads and confectionery products. In: Gallagher, E. (ed.) *Gluten-free food science and technology*. Wiley-Blackwell Publishing, Oxford, pp. 130–180
- Sciarini, L.S., Ribotta, P.D., León, A.E., Pérez, G.T. (2012). Incorporation of several additives into gluten free breads: Effect on dough properties and bread quality. *Journal of Food Engineering*, 111(4): 590-597.
- Shewry, P.R., 2009. Wheat. *Journal of Experimental Botany*, 60(6): 1537-1553.
- Siró, I., Kápolna, E., Kápolna, B., Lugasi, A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance - A review. *Appetite*, 51(3): 456-467.
- Stear, C.A. (1990). *Handbook of breadmaking Technology*. Elsevier Applied Publishers. England.
- Storsrud, S., Olsson, M., Lenner, R.A., Nilsson, L.A., Nilsson, O., Kilander, A. (2003). Adult coeliac patients to tolerate large amounts of oats. *European Journal of Clinical Nutrition*, 57(1): 163-169.
- Wang, W.M., Klopfenstein, C.F., Ponte, J.G. (1993). Effects of twin screw extrusion on the physical properties of dietary fiber and other components of whole wheat and wheat bran on the baking quality of the wheat bran. *Cereal Chemistry*, 70(6): 707-711.
- Wang, R., Zhou, W.B. (2004). Stability of tea catechins in the breadmaking process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26): 8224-8229.
- Wrigley, C., Corke, H., Walker, C.E., 2004. *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press, Waltham, Massachusetts.
- Yep, Y.L., Li, D., Mann, N.J., Bode, O., Sinclair, A.J. (2002). Bread enriched with microencapsulated tuna oil increases plasma docosahexaenoic acid and total omega-3 fatty acids in humans. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 11 (4): 285-291.
- Zwer, P.K. (2004). Oats. In: Wrigley, C., Corke, H., Walker, C.E. (eds.), *Encyclopedia of Grain Science*. Elsevier Academic Press.

Anexos

Anexo I – Análise do teor de cinza na farinha de aveia

| Granulometria | Teor de Cinza (%) |
|---------------|-------------------|
| 2 mm | 1,3 |
| 1 mm | 1,4 |
| 0,5 mm | 1,5 |

Anexo II – Tabela do teste de Tukey referente à variante granulometria

a) Dureza do miolo no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} |
|----------|---------|----------|----------|----------|
| | | 3,0343 | 3,4967 | 4,5881 |
| 1 | G0,5 | | 0,355502 | 0,000565 |
| 2 | G1 | 0,355502 | | 0,009915 |
| 3 | G2 | 0,000565 | 0,009915 | |

Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} |
|----------|---------|----------|----------|----------|
| | | 3,6817 | 4,9133 | 5,0091 |
| 1 | G0,5 | | 0,018598 | 0,011302 |
| 2 | G1 | 0,018598 | | 0,969805 |
| 3 | G2 | 0,011302 | 0,969805 | |

b) Dureza da cõdea no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Dureza (N)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} |
|----------|---------|----------|----------|----------|
| | | 4,5520 | 6,8563 | 7,8620 |
| 1 | G0,5 | | 0,290630 | 0,116287 |
| 2 | G1 | 0,290630 | | 0,756611 |
| 3 | G2 | 0,116287 | 0,756611 | |

Tukey HSD test; variable Dureza (N)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} |
|----------|---------|----------|----------|----------|
| | | 3,7047 | 6,5897 | 8,8507 |
| 1 | G0,5 | | 0,064484 | 0,005422 |
| 2 | G1 | 0,064484 | | 0,141433 |
| 3 | G2 | 0,005422 | 0,141433 | |

c) Elasticidade do miolo no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Elasticidade(%)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} |
|----------|---------|----------|----------|----------|
| | | 74,750 | 70,798 | 77,083 |
| 1 | G0,5 | | 0,765459 | 0,910216 |
| 2 | G1 | 0,765459 | | 0,516642 |
| 3 | G2 | 0,910216 | 0,516642 | |

Tukey HSD test; variable Elasticidade(N)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} |
|----------|---------|----------|----------|----------|
| | | 84,357 | 71,250 | 82,417 |
| 1 | G0,5 | | 0,016908 | 0,892284 |
| 2 | G1 | 0,016908 | | 0,043271 |
| 3 | G2 | 0,892284 | 0,043271 | |

d) Dureza do miolo e cõdea na análise do envelhecimento do pão

Tukey HSD test; variable Dureza (N) miolo

| Cell No. | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
|----------|---------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 3,0343 | 3,6817 | 3,4967 | 4,9133 | 4,5881 | 5,0091 |
| 1 | G0,5 | 0 | | 0,505031 | 0,806767 | 0,000265 | 0,002145 | 0,000189 |
| 2 | G0,5 | 1 | 0,505031 | | 0,995836 | 0,022188 | 0,163459 | 0,011349 |
| 3 | G1 | 0 | 0,806767 | 0,995836 | | 0,005926 | 0,055820 | 0,002923 |
| 4 | G1 | 1 | 0,000265 | 0,022188 | 0,005926 | | 0,948363 | 0,999836 |
| 5 | G2 | 0 | 0,002145 | 0,163459 | 0,055820 | 0,948363 | | 0,860246 |
| 6 | G2 | 1 | 0,000189 | 0,011349 | 0,002923 | 0,999836 | 0,860246 | |

Tukey HSD test; variable Dureza (N) cõdea

| Cell No. | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} |
|----------|---------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 4,5520 | 3,7047 | 6,8563 | 6,5897 | 7,8620 | 8,8507 |
| 1 | G0,5 | 0 | | 0,978242 | 0,442373 | 0,563710 | 0,137358 | 0,035814 |
| 2 | G0,5 | 1 | 0,978242 | | 0,168374 | 0,234006 | 0,043596 | 0,011022 |
| 3 | G1 | 0 | 0,442373 | 0,168374 | | 0,999910 | 0,955450 | 0,584218 |
| 4 | G1 | 1 | 0,563710 | 0,234006 | 0,999910 | | 0,890441 | 0,461390 |
| 5 | G2 | 0 | 0,137358 | 0,043596 | 0,955450 | 0,890441 | | 0,958435 |
| 6 | G2 | 1 | 0,035814 | 0,011022 | 0,584218 | 0,461390 | 0,958435 | |

Anexo III – Tabela do teste de Tukey referente à variante pré-tratamentos

a) Dureza do miolo no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 3,0343 | 3,4967 | 4,1257 | 3,8786 | 2,5976 | 3,2130 | 5,0214 | 5,2280 | 3,7780 | 4,5811 |
| 1 | | | 0,999171 | 0,768425 | 0,938312 | 0,999475 | 1,000000 | 0,067720 | 0,028253 | 0,971896 | 0,307635 |
| 2 | G1 | 0,999171 | | 0,991058 | 0,999824 | 0,911600 | 0,999986 | 0,327012 | 0,174296 | 0,999987 | 0,774856 |
| 3 | G0,5E135°C | 0,768425 | 0,991058 | | 0,999996 | 0,323965 | 0,904001 | 0,913456 | 0,758300 | 0,999919 | 0,999266 |
| 4 | G0,5E150°C | 0,938312 | 0,999824 | 0,999996 | | 0,573931 | 0,986664 | 0,718993 | 0,500460 | 1,000000 | 0,980704 |
| 5 | G0,5C75°C | 0,999475 | 0,911600 | 0,323965 | 0,573931 | | 0,992356 | 0,009691 | 0,003500 | 0,680866 | 0,068696 |
| 6 | G0,5C70°C | 1,000000 | 0,999986 | 0,904001 | 0,986664 | 0,992356 | | 0,133456 | 0,060510 | 0,995932 | 0,480669 |
| 7 | G1E135°C | 0,067720 | 0,327012 | 0,913456 | 0,718993 | 0,009691 | 0,133456 | | 0,999999 | 0,614369 | 0,999440 |
| 8 | G1E150°C | 0,028253 | 0,174296 | 0,758300 | 0,500460 | 0,003500 | 0,060510 | 0,999999 | | 0,397152 | 0,989081 |
| 9 | G1C75°C | 0,971896 | 0,999987 | 0,999919 | 1,000000 | 0,680866 | 0,995932 | 0,614369 | 0,397152 | | 0,954325 |
| 10 | G1C70°C | 0,307635 | 0,774856 | 0,999266 | 0,980704 | 0,068696 | 0,480669 | 0,999440 | 0,989081 | 0,954325 | |

Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 3,6817 | 4,9133 | 4,6264 | 4,2420 | 2,8221 | 3,8224 | 5,4993 | 5,5056 | 4,1349 | 5,2429 |
| 1 | G0,5 | | 0,798061 | 0,951185 | 0,998831 | 0,973099 | 1,000000 | 0,294757 | 0,290254 | 0,999793 | 0,508736 |
| 2 | G1 | 0,798061 | | 0,999996 | 0,995240 | 0,138912 | 0,889108 | 0,998331 | 0,998187 | 0,986183 | 0,999986 |
| 3 | G0,5E135°C | 0,951185 | 0,999996 | | 0,999948 | 0,304418 | 0,982757 | 0,970290 | 0,968888 | 0,999598 | 0,997506 |
| 4 | G0,5E150°C | 0,998831 | 0,995240 | 0,999948 | | 0,639126 | 0,999891 | 0,778422 | 0,773493 | 1,000000 | 0,931243 |
| 5 | G0,5C75°C | 0,973099 | 0,138912 | 0,304418 | 0,639126 | | 0,931470 | 0,017356 | 0,016928 | 0,733495 | 0,046146 |
| 6 | G0,5C70°C | 1,000000 | 0,889108 | 0,982757 | 0,999891 | 0,931470 | | 0,405929 | 0,400592 | 0,999991 | 0,638605 |
| 7 | G1E135°C | 0,294757 | 0,998331 | 0,970290 | 0,778422 | 0,017356 | 0,405929 | | 1,000000 | 0,688929 | 0,999998 |
| 8 | G1E150°C | 0,290254 | 0,998187 | 0,968888 | 0,773493 | 0,016928 | 0,400592 | 1,000000 | | 0,683374 | 0,999998 |
| 9 | G1C75°C | 0,999793 | 0,986183 | 0,999598 | 1,000000 | 0,733495 | 0,999991 | 0,688929 | 0,683374 | | 0,879629 |
| 10 | G1C70°C | 0,508736 | 0,999986 | 0,997506 | 0,931243 | 0,046146 | 0,638605 | 0,999998 | 0,999998 | 0,879629 | |

b) Dureza da côdea no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Dureza (N)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 4,5520 | 7,4910 | 4,6840 | 2,9660 | 1,7450 | 6,8563 | 6,5623 | 6,4747 | 4,4617 | 3,4003 |
| 1 | G0,5 | | 0,103554 | 1,000000 | 0,777529 | 0,134888 | 0,331750 | 0,505797 | 0,563006 | 1,000000 | 0,955600 |
| 2 | G0,5E135°C | 0,103554 | | 0,134888 | 0,002933 | 0,000315 | 0,999336 | 0,988726 | 0,979492 | 0,085969 | 0,007970 |
| 3 | G0,5E150°C | 1,000000 | 0,134888 | | 0,697058 | 0,103554 | 0,405359 | 0,592291 | 0,650076 | 1,000000 | 0,918308 |
| 4 | G0,5C75°C | 0,777529 | 0,002933 | 0,697058 | | 0,937875 | 0,012671 | 0,024862 | 0,030299 | 0,826998 | 0,999970 |
| 5 | G0,5C70°C | 0,134888 | 0,000315 | 0,103554 | 0,937875 | | 0,000838 | 0,001534 | 0,001858 | 0,160697 | 0,736255 |
| 6 | G1 | 0,331750 | 0,999336 | 0,405359 | 0,012671 | 0,000838 | | 0,999999 | 0,999990 | 0,286376 | 0,034103 |
| 7 | G1E135°C | 0,505797 | 0,988726 | 0,592291 | 0,024862 | 0,001534 | 0,999999 | | 1,000000 | 0,448610 | 0,064938 |
| 8 | G1E150°C | 0,563006 | 0,979492 | 0,650076 | 0,030299 | 0,001858 | 0,999990 | 1,000000 | | 0,504080 | 0,078248 |
| 9 | G1C75°C | 1,000000 | 0,085969 | 1,000000 | 0,826998 | 0,160697 | 0,286376 | 0,448610 | 0,504080 | | 0,972972 |
| 10 | G1C70°C | 0,955600 | 0,007970 | 0,918308 | 0,999970 | 0,736255 | 0,034103 | 0,064938 | 0,078248 | 0,972972 | |

Tukey HSD test; variable Dureza (N)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 3,7047 | 7,6057 | 3,4400 | 3,3733 | 3,2330 | 6,5897 | 7,2023 | 6,0070 | 6,1930 | 4,8027 |
| 1 | G0,5 | | 0,016661 | 1,000000 | 0,999998 | 0,999955 | 0,139654 | 0,040236 | 0,374445 | 0,281111 | 0,972934 |
| 2 | G0,5E135°C | 0,016661 | | 0,009228 | 0,007946 | 0,005804 | 0,983576 | 0,999988 | 0,800307 | 0,887449 | 0,162752 |
| 3 | G0,5E150°C | 1,000000 | 0,009228 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,083177 | 0,022644 | 0,246880 | 0,178390 | 0,906331 |
| 4 | G0,5C75°C | 0,999998 | 0,007946 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,072633 | 0,019546 | 0,220349 | 0,157818 | 0,880708 |
| 5 | G0,5C70°C | 0,999955 | 0,005804 | 1,000000 | 1,000000 | | 0,054260 | 0,014310 | 0,171713 | 0,121012 | 0,815500 |
| 6 | G1 | 0,139654 | 0,983576 | 0,083177 | 0,072633 | 0,054260 | | 0,999616 | 0,999744 | 0,999990 | 0,690858 |
| 7 | G1E135°C | 0,040236 | 0,999988 | 0,022644 | 0,019546 | 0,014310 | 0,999616 | | 0,954684 | 0,984274 | 0,323562 |
| 8 | G1E150°C | 0,374445 | 0,800307 | 0,246880 | 0,220349 | 0,171713 | 0,999744 | 0,954684 | | 1,000000 | 0,952651 |
| 9 | G1C75°C | 0,281111 | 0,887449 | 0,178390 | 0,157818 | 0,121012 | 0,999990 | 0,984274 | 1,000000 | | 0,896139 |
| 10 | G1C70°C | 0,972934 | 0,162752 | 0,906331 | 0,880708 | 0,815500 | 0,690858 | 0,323562 | 0,952651 | 0,896139 | |

c) Elasticidade do miolo no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Elasticidade(%)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 74,750 | 70,798 | 78,083 | 77,238 | 96,333 | 87,119 | 77,202 | 79,726 | 90,178 | 89,786 |
| 1 | G0,5 | | 0,999114 | 0,999782 | 0,999981 | 0,005528 | 0,392481 | 0,999983 | 0,994706 | 0,130552 | 0,153586 |
| 2 | G1 | 0,999114 | | 0,932736 | 0,968371 | 0,000576 | 0,088296 | 0,969479 | 0,805195 | 0,019158 | 0,023649 |
| 3 | G0,5E135°C | 0,999782 | 0,932736 | | 1,000000 | 0,034765 | 0,794281 | 1,000000 | 0,999999 | 0,424478 | 0,472005 |
| 4 | G0,5E150°C | 0,999981 | 0,968371 | 1,000000 | | 0,022342 | 0,699598 | 1,000000 | 0,999981 | 0,329465 | 0,372120 |
| 5 | G0,5C75°C | 0,005528 | 0,000576 | 0,034765 | 0,022342 | | 0,775507 | 0,021909 | 0,077486 | 0,976455 | 0,964870 |
| 6 | G0,5C70°C | 0,392481 | 0,088296 | 0,794281 | 0,699598 | 0,775507 | | 0,695322 | 0,926822 | 0,999893 | 0,999966 |
| 7 | G1E135°C | 0,999983 | 0,969479 | 1,000000 | 1,000000 | 0,021909 | 0,695322 | | 0,999979 | 0,325720 | 0,368129 |
| 8 | G1E150°C | 0,994706 | 0,805195 | 0,999999 | 0,999981 | 0,077486 | 0,926822 | 0,999979 | | 0,629470 | 0,678068 |
| 9 | G1C75°C | 0,130552 | 0,019158 | 0,424478 | 0,329465 | 0,976455 | 0,999893 | 0,325720 | 0,629470 | | 1,000000 |
| 10 | G1C70°C | 0,153586 | 0,023649 | 0,472005 | 0,372120 | 0,964870 | 0,999966 | 0,368129 | 0,678068 | 1,000000 | |

Tukey HSD test; variable Elasticidade(%)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 84,357 | 71,250 | 74,000 | 70,631 | 82,000 | 87,964 | 76,143 | 81,095 | 89,393 | 93,345 |
| 1 | G0,5 | | 0,532610 | 0,811656 | 0,466495 | 0,999997 | 0,999884 | 0,945501 | 0,999950 | 0,998245 | 0,908520 |
| 2 | G1 | 0,532610 | | 0,999988 | 1,000000 | 0,776991 | 0,204618 | 0,998605 | 0,852456 | 0,125190 | 0,024649 |
| 3 | G0,5E135°C | 0,811656 | 0,999988 | | 0,999935 | 0,953583 | 0,441714 | 0,999999 | 0,978469 | 0,305439 | 0,079317 |
| 4 | G0,5E150°C | 0,466495 | 1,000000 | 0,999935 | | 0,717463 | 0,166554 | 0,996463 | 0,802467 | 0,099457 | 0,018557 |
| 5 | G0,5C75°C | 0,999997 | 0,776991 | 0,953583 | 0,717463 | | 0,993623 | 0,994414 | 1,000000 | 0,971787 | 0,719852 |
| 6 | G0,5C70°C | 0,999884 | 0,204618 | 0,441714 | 0,166554 | 0,993623 | | 0,671002 | 0,982678 | 1,000000 | 0,997049 |
| 7 | G1E135°C | 0,945501 | 0,998605 | 0,999999 | 0,996463 | 0,994414 | 0,671002 | | 0,998467 | 0,517193 | 0,174131 |
| 8 | G1E150°C | 0,999950 | 0,852456 | 0,978469 | 0,802467 | 1,000000 | 0,982678 | 0,998467 | | 0,942124 | 0,625465 |
| 9 | G1C75°C | 0,998245 | 0,125190 | 0,305439 | 0,099457 | 0,971787 | 1,000000 | 0,517193 | 0,942124 | | 0,999754 |
| 10 | G1C70°C | 0,908520 | 0,024649 | 0,079317 | 0,018557 | 0,719852 | 0,997049 | 0,174131 | 0,625465 | 0,999754 | |

d) Dureza do miolo e cõdea na análise do envelhecimento do pão

Tukey HSD test; variable Dureza (N) miolo

| Cell No | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} |
|---------|------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | 3,0343 | 3,6817 | 4,1257 | 4,6264 | 3,8786 | 4,2420 | 2,5976 | 2,8221 | 3,2130 | 3,8224 | 3,4967 | 4,9133 | 5,0214 | 5,4993 | 5,2280 | 5,5056 | 3,7780 | 4,1349 | 4,5811 | 5,2429 |
| 1 | G0,5 | 0 | | 1,0000 | 0,9871 | 0,7033 | 0,9995 | 0,9634 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9998 | 1,0000 | 0,3956 | 0,2941 | 0,0505 | 0,1493 | 0,0491 | 0,9999 | 0,9858 | 0,7485 | 0,1415 |
| 2 | G0,5 | 1 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9977 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9880 | 0,9993 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9560 | 0,9084 | 0,4595 | 0,7491 | 0,4528 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9988 | 0,7346 |
| 3 | G0,5E135°C | 0 | 0,9871 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7663 | 0,9270 | 0,9985 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9998 | 0,9988 | 0,8884 | 0,9856 | 0,8844 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9834 |
| 4 | G0,5E135°C | 1 | 0,7033 | 0,9977 | 1,0000 | | 0,9999 | 1,0000 | 0,2595 | 0,4737 | 0,8617 | 0,9997 | 0,9813 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9992 | 1,0000 | 0,9991 | 0,9994 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 5 | G0,5E150°C | 0 | 0,9995 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | | 1,0000 | 0,9372 | 0,9910 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9929 | 0,9789 | 0,6736 | 0,9030 | 0,6669 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8942 |
| 6 | G0,5E150°C | 1 | 0,9634 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,6483 | 0,8570 | 0,9933 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9998 | 0,9468 | 0,9960 | 0,9444 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9952 |
| 7 | G0,5C75°C | 0 | 1,0000 | 0,9880 | 0,7663 | 0,2595 | 0,9372 | 0,6483 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9582 | 0,9988 | 0,0940 | 0,0603 | 0,0061 | 0,0237 | 0,0059 | 0,9707 | 0,7577 | 0,2972 | 0,0221 |
| 8 | G0,5C75°C | 1 | 1,0000 | 0,9993 | 0,9270 | 0,4737 | 0,9910 | 0,8570 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9952 | 1,0000 | 0,2127 | 0,1464 | 0,0190 | 0,0650 | 0,0184 | 0,9973 | 0,9226 | 0,5229 | 0,0611 |
| 9 | G0,5C70°C | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9985 | 0,8617 | 1,0000 | 0,9933 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,5874 | 0,4692 | 0,1055 | 0,2707 | 0,1030 | 1,0000 | 0,9983 | 0,8918 | 0,2587 |
| 10 | G0,5C70°C | 1 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9997 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9582 | 0,9952 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9871 | 0,9659 | 0,6131 | 0,8672 | 0,6063 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,8566 |
| 11 | G1 | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9813 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9988 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,8594 | 0,7695 | 0,2810 | 0,5533 | 0,2757 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9879 | 0,5370 |
| 12 | G1 | 1 | 0,3956 | 0,9560 | 0,9998 | 1,0000 | 0,9929 | 1,0000 | 0,0940 | 0,2127 | 0,5874 | 0,9871 | 0,8594 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9803 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 |
| 13 | G1E135°C | 0 | 0,2941 | 0,9084 | 0,9988 | 1,0000 | 0,9789 | 0,9998 | 0,0603 | 0,1464 | 0,4692 | 0,9659 | 0,7695 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9519 | 0,9990 | 1,0000 | 1,0000 |
| 14 | G1E135°C | 1 | 0,0505 | 0,4595 | 0,8884 | 0,9992 | 0,6736 | 0,9468 | 0,0061 | 0,0190 | 0,1055 | 0,6131 | 0,2810 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,5643 | 0,8941 | 0,9984 | 1,0000 |
| 15 | G1E150°C | 0 | 0,1493 | 0,7491 | 0,9856 | 1,0000 | 0,9030 | 0,9960 | 0,0237 | 0,0650 | 0,2707 | 0,8672 | 0,5533 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,8341 | 0,9868 | 1,0000 | 1,0000 |
| 16 | G1E150°C | 1 | 0,0491 | 0,4528 | 0,8844 | 0,9991 | 0,6669 | 0,9444 | 0,0059 | 0,0184 | 0,1030 | 0,6063 | 0,2757 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,5574 | 0,8902 | 0,9982 | 1,0000 |
| 17 | G1C75°C | 0 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9994 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9707 | 0,9973 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9803 | 0,9519 | 0,5643 | 0,8341 | 0,5574 | | 1,0000 | 0,9997 | 0,8221 |
| 18 | G1C75°C | 1 | 0,9858 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7577 | 0,9226 | 0,9983 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9998 | 0,9990 | 0,8941 | 0,9868 | 0,8902 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9848 |
| 19 | G1C70°C | 0 | 0,7485 | 0,9988 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2972 | 0,5229 | 0,8918 | 0,9999 | 0,9879 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9984 | 1,0000 | 0,9982 | 0,9997 | 1,0000 | | 1,0000 |
| 20 | G1C70°C | 1 | 0,1415 | 0,7346 | 0,9834 | 1,0000 | 0,8942 | 0,9952 | 0,0221 | 0,0611 | 0,2587 | 0,8566 | 0,5370 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8221 | 0,9848 | 1,0000 | |

Tukey HSD test; variable Dureza (N) código

| Cell No. | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} |
|----------|------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | G0,5 | 0 | 4.5520 | 3.7047 | 7.4910 | 7.6057 | 4.6840 | 3.4400 | 2.9660 | 3.3733 | 1.7450 | 3.2330 | 6.8563 | 6.5897 | 6.5623 | 7.2023 | 6.4747 | 6.0070 | 4.4617 | 6.1930 | 3.4003 | 4.8027 |
| 2 | G0,5 | 1 | 999991 | | 225183 | 176656 | 000000 | 999538 | 972355 | 999012 | 291878 | 996053 | 628823 | 805954 | 821512 | 385730 | 866896 | 988285 | 000000 | 962160 | 999267 | 000000 |
| 3 | G0,5E135°C | 0 | 225183 | 027961 | | 000000 | 291878 | 013102 | 003181 | 010774 | 000222 | 007106 | 000000 | 999977 | 999964 | 000000 | 999866 | 985627 | 186212 | 996727 | 011664 | 361657 |
| 4 | G0,5E135°C | 1 | 176656 | 020230 | 000000 | | 233268 | 009350 | 002258 | 007673 | 000207 | 005028 | 999999 | 999866 | 999806 | 000000 | 999422 | 970218 | 144473 | 991447 | 008313 | 294081 |
| 5 | G0,5E150°C | 0 | 000000 | 999921 | 291878 | 233268 | | 998048 | 943646 | 996333 | 225183 | 988618 | 721164 | 874851 | 887052 | 475007 | 921146 | 995912 | 000000 | 982966 | 997130 | 000000 |
| 6 | G0,5E150°C | 1 | 999538 | 000000 | 013102 | 009350 | 998048 | | 000000 | 000000 | 949726 | 000000 | 075005 | 142621 | 151731 | 029912 | 184084 | 441111 | 999855 | 322633 | 000000 | 994259 |
| 7 | G0,5C75°C | 0 | 972355 | 999999 | 003181 | 002258 | 943646 | 000000 | | 000000 | 998448 | 000000 | 020853 | 043670 | 046981 | 007582 | 059184 | 181582 | 984430 | 119205 | 000000 | 904212 |
| 8 | G0,5C75°C | 1 | 999012 | 000000 | 010774 | 007673 | 996333 | 000000 | 000000 | | 964716 | 000000 | 063256 | 122236 | 130282 | 024812 | 159040 | 396539 | 999654 | 284971 | 000000 | 990294 |
| 9 | G0,5C70°C | 0 | 291878 | 848612 | 000222 | 000207 | 225183 | 949726 | 998448 | 964716 | | 985226 | 000623 | 001247 | 001346 | 000310 | 001735 | 007022 | 344249 | 004009 | 959100 | 175122 |
| 10 | G0,5C70°C | 1 | 996053 | 000000 | 007106 | 005028 | 988618 | 000000 | 000000 | 000000 | 985226 | | 043709 | 087082 | 093156 | 016612 | 115143 | 310366 | 998323 | 215659 | 000000 | 974938 |
| 11 | G1 | 0 | 628823 | 141972 | 000000 | 999999 | 721164 | 075005 | 020853 | 063256 | 000623 | 043709 | | 000000 | 000000 | 000000 | 000000 | 999991 | 563466 | 000000 | 067805 | 796564 |
| 12 | G1 | 1 | 805954 | 251048 | 999977 | 999866 | 874851 | 142621 | 043670 | 122236 | 001247 | 087082 | 000000 | | 000000 | 000000 | 000000 | 000000 | 750411 | 000000 | 130182 | 922404 |
| 13 | G1E135°C | 0 | 821512 | 264892 | 999964 | 999806 | 887052 | 151731 | 046981 | 130282 | 001346 | 093156 | 000000 | 000000 | | 000000 | 000000 | 000000 | 767836 | 000000 | 931369 | |
| 14 | G1E135°C | 1 | 385730 | 060899 | 000000 | 000000 | 475007 | 029912 | 007582 | 024812 | 000310 | 016612 | 000000 | 000000 | 000000 | | 999999 | 998815 | 329878 | 999878 | 026764 | 559844 |
| 15 | G1E150°C | 0 | 866896 | 312655 | 999866 | 999422 | 921146 | 184084 | 059184 | 159040 | 001735 | 115143 | 000000 | 000000 | 000000 | 999999 | | 000000 | 820022 | 000000 | 168841 | 955331 |
| 16 | G1E150°C | 1 | 988285 | 630261 | 985627 | 970218 | 995912 | 441111 | 181582 | 396539 | 007022 | 310366 | 999991 | 000000 | 000000 | 998815 | 000000 | | 978441 | 000000 | 414340 | 998692 |
| 17 | G1C75°C | 0 | 000000 | 999998 | 186212 | 144473 | 000000 | 999855 | 984430 | 999654 | 344249 | 998323 | 563466 | 750411 | 767836 | 329878 | 820022 | 978441 | | 939897 | 999754 | 000000 |
| 18 | G1C75°C | 1 | 962160 | 496154 | 996727 | 991447 | 982966 | 322633 | 119205 | 284971 | 004009 | 215659 | 000000 | 000000 | 000000 | 999878 | 000000 | 000000 | 939897 | | 299821 | 992816 |
| 19 | G1C70°C | 0 | 999267 | 000000 | 011664 | 008313 | 997130 | 000000 | 000000 | 000000 | 959100 | 000000 | 067805 | 130182 | 138655 | 026764 | 168841 | 414340 | 999754 | 299821 | | 992107 |
| 20 | G1C70°C | 1 | 000000 | 999610 | 361657 | 294081 | 000000 | 994259 | 904212 | 990294 | 175122 | 974938 | 796564 | 922404 | 931369 | 559844 | 955331 | 998692 | 000000 | 992816 | 992107 | |

Anexo IV – Tabela do teste de Tukey referente à variante adição de emulsionantes, nas granulometrias 0.5, 1 e 2mm

a) Dureza do miolo no dia 0 e no dia 1

| Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia0 | | | | | | | | | | | | | Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia1 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------------------------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} |
| | | 3.0343 | 3.4967 | 4.5881 | 2.7763 | 3.5334 | 2.6149 | 3.5177 | 2.0793 | 3.2503 | 3.2199 | 2.2747 | 3.5649 | | | 3.6817 | 4.9133 | 5.0091 | 3.6637 | 3.6327 | 2.7311 | 4.3249 | 2.6701 | 3.3426 | 4.0273 | 2.1667 | 3.5027 |
| 1 | G0,5 | | 0,984810 | 0,005238 | 0,999925 | 0,972880 | 0,993111 | 0,978636 | 0,334849 | 0,999987 | 0,999997 | 0,680003 | 0,957943 | 1 | G0,5 | | 0,387937 | 0,277853 | 1,000000 | 1,000000 | 0,760918 | 0,979276 | 0,683981 | 0,999936 | 0,999923 | 0,126139 | 1,000000 |
| 2 | G1 | 0,984810 | | 0,163332 | 0,746731 | 1,000000 | 0,457309 | 1,000000 | 0,016368 | 0,999952 | 0,999849 | 0,070952 | 1,000000 | 2 | G1 | 0,387937 | | 1,000000 | 0,365777 | 0,329145 | 0,002632 | 0,989680 | 0,001768 | 0,096638 | 0,832375 | 0,000149 | 0,199951 |
| 3 | G2 | 0,005238 | 0,163332 | | 0,000570 | 0,201414 | 0,000202 | 0,184394 | 0,000118 | 0,030587 | 0,024176 | 0,000119 | 0,238826 | 3 | G2 | 0,277853 | 1,000000 | | 0,259550 | 0,229910 | 0,001417 | 0,967214 | 0,000933 | 0,059338 | 0,722392 | 0,000131 | 0,131248 |
| 4 | G0,5MGMS | 0,999925 | 0,746731 | 0,000570 | | 0,684283 | 0,999999 | 0,711571 | 0,783816 | 0,981610 | 0,989087 | 0,971891 | 0,627868 | 4 | G0,5MGMS | 1,000000 | 0,365777 | 0,259550 | | 1,000000 | 0,782023 | 0,974513 | 0,707432 | 0,999963 | 0,999872 | 0,137053 | 1,000000 |
| 5 | G0,5MSSL | 0,972880 | 1,000000 | 0,201414 | 0,684283 | | 0,393788 | 1,000000 | 0,012141 | 0,999813 | 0,999505 | 0,054865 | 1,000000 | 5 | G0,5MSSL | 1,000000 | 0,329145 | 0,229910 | 1,000000 | | 0,816257 | 0,964414 | 0,746401 | 0,999987 | 0,999719 | 0,157571 | 1,000000 |
| 6 | G0,5MGMS/SSL | 0,993111 | 0,457309 | 0,000202 | 0,999999 | 0,393788 | | 0,420526 | 0,955096 | 0,867689 | 0,900806 | 0,998922 | 0,342638 | 6 | G0,5MGMS/SSL | 0,760918 | 0,002632 | 0,001417 | 0,782023 | 0,816257 | | 0,086255 | 1,000000 | 0,985986 | 0,311532 | 0,992673 | 0,925672 |
| 7 | G1MGMS | 0,978636 | 1,000000 | 0,184394 | 0,711571 | 1,000000 | 0,420526 | | 0,013807 | 0,999893 | 0,999695 | 0,061323 | 1,000000 | 7 | G1MGMS | 0,979276 | 0,989680 | 0,967214 | 0,974513 | 0,964414 | 0,086255 | | 0,063153 | 0,721850 | 0,999983 | 0,003078 | 0,890030 |
| 8 | G1MSSL | 0,334849 | 0,016368 | 0,000118 | 0,783816 | 0,012141 | 0,955096 | 0,013807 | | 0,099786 | 0,121231 | 0,999995 | 0,009346 | 8 | G1MSSL | 0,683981 | 0,001768 | 0,000933 | 0,707432 | 0,746401 | 1,000000 | 0,063153 | | 0,971126 | 0,248070 | 0,997253 | 0,881573 |
| 9 | G1MGMS/SSL | 0,999987 | 0,999952 | 0,030587 | 0,981610 | 0,999813 | 0,867689 | 0,999893 | 0,099786 | | 1,000000 | 0,303840 | 0,999489 | 9 | G1MGMS/SSL | 0,999936 | 0,096638 | 0,059338 | 0,999963 | 0,999987 | 0,985986 | 0,721850 | 0,971126 | | 0,967066 | 0,460066 | 1,000000 |
| 10 | G2MGMS | 0,999997 | 0,999849 | 0,024176 | 0,989087 | 0,999505 | 0,900806 | 0,999695 | 0,121231 | 1,000000 | | 0,350296 | 0,998774 | 10 | G2MGMS | 0,999923 | 0,832375 | 0,722392 | 0,999872 | 0,999719 | 0,311532 | 0,999983 | 0,248070 | 0,967066 | | 0,019921 | 0,996065 |
| 11 | G2MSSL | 0,680003 | 0,070952 | 0,000119 | 0,971891 | 0,054865 | 0,998922 | 0,061323 | 0,999995 | 0,303840 | 0,350296 | | 0,043723 | 11 | G2MSSL | 0,126139 | 0,000149 | 0,000131 | 0,137053 | 0,157571 | 0,992673 | 0,003078 | 0,997253 | 0,460066 | 0,019921 | | 0,269038 |
| 12 | G2MGMS/SSL | 0,957943 | 1,000000 | 0,238826 | 0,627868 | 1,000000 | 0,342638 | 1,000000 | 0,009346 | 0,999489 | 0,998774 | 0,043723 | | 12 | G2MGMS/SSL | 1,000000 | 0,199951 | 0,131248 | 1,000000 | 1,000000 | 0,925672 | 0,890030 | 0,881573 | 1,000000 | 0,996065 | 0,269038 | |

b) Dureza da côdea no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Dureza (N)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} |
|----------|--------------|----------|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| | | 4,5520 | 4,2967 | 5,2300 | 4,2223 | 6,8563 | 3,3820 | 2,8577 | 4,0300 | 7,8620 | 6,3923 | 4,1297 | 5,0860 |
| 1 | G0,5 | | 1,000000 | 0,999890 | 1,000000 | 0,498277 | 0,986569 | 0,853325 | 0,999992 | 0,092260 | 0,780682 | 0,999999 | 0,999990 |
| 2 | G0,5MGMS | 1,000000 | | 0,997889 | 1,000000 | 0,351677 | 0,998248 | 0,942876 | 1,000000 | 0,054175 | 0,628915 | 1,000000 | 0,999535 |
| 3 | G0,5MSSL | 0,999890 | 0,997889 | | 0,995940 | 0,882121 | 0,776508 | 0,456970 | 0,983751 | 0,315041 | 0,987224 | 0,991667 | 1,000000 |
| 4 | G0,5MGMS/SSL | 1,000000 | 1,000000 | 0,995940 | | 0,314064 | 0,999176 | 0,959566 | 1,000000 | 0,046166 | 0,582117 | 1,000000 | 0,998945 |
| 5 | G1 | 0,498277 | 0,351677 | 0,882121 | 0,314064 | | 0,065701 | 0,020794 | 0,229093 | 0,996007 | 0,999998 | 0,270753 | 0,817227 |
| 6 | G1MGMS | 0,986569 | 0,998248 | 0,776508 | 0,999176 | 0,065701 | | 0,999991 | 0,999929 | 0,006838 | 0,164954 | 0,999720 | 0,848957 |
| 7 | G1MSSL | 0,853325 | 0,942876 | 0,456970 | 0,959566 | 0,020794 | 0,999991 | | 0,986364 | 0,002008 | 0,057837 | 0,975126 | 0,545435 |
| 8 | G1MGMS/SSL | 0,999992 | 1,000000 | 0,983751 | 1,000000 | 0,229093 | 0,999929 | 0,986364 | | 0,030250 | 0,462946 | 1,000000 | 0,994020 |
| 9 | G2 | 0,092260 | 0,054175 | 0,315041 | 0,046166 | 0,996007 | 0,006838 | 0,002008 | 0,030250 | | 0,934797 | 0,037715 | 0,249509 |
| 10 | G2MGMS | 0,780682 | 0,628915 | 0,987224 | 0,582117 | 0,999998 | 0,164954 | 0,057837 | 0,462946 | 0,934797 | | 0,524011 | 0,969991 |
| 11 | G2MSSL | 0,999999 | 1,000000 | 0,991667 | 1,000000 | 0,270753 | 0,999720 | 0,975126 | 1,000000 | 0,037715 | 0,524011 | | 0,997396 |
| 12 | G2MGMS/SSL | 0,999990 | 0,999535 | 1,000000 | 0,998945 | 0,817227 | 0,848957 | 0,545435 | 0,994020 | 0,249509 | 0,969991 | 0,997396 | |

Tukey HSD test; variable Dureza (N)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} |
|----------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| | | 3,7047 | 4,3850 | 4,5257 | 4,4937 | 6,5897 | 7,2890 | 3,1687 | 4,2793 | 8,8507 | 6,3960 | 5,0797 | 6,2290 |
| 1 | G0,5 | | 0,999750 | 0,998603 | 0,999020 | 0,131006 | 0,026470 | 0,999976 | 0,999951 | 0,000563 | 0,193705 | 0,928190 | 0,264530 |
| 2 | G0,5MGMS | 0,999750 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,444279 | 0,125891 | 0,967638 | 1,000000 | 0,002875 | 0,573628 | 0,999696 | 0,686877 |
| 3 | G0,5MSSL | 0,998603 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,537503 | 0,168027 | 0,933770 | 1,000000 | 0,004111 | 0,669337 | 0,999966 | 0,775733 |
| 4 | G0,5MGMS/SSL | 0,999020 | 1,000000 | 1,000000 | | 0,515890 | 0,157550 | 0,942968 | 1,000000 | 0,003786 | 0,647791 | 0,999941 | 0,756407 |
| 5 | G1 | 0,131006 | 0,444279 | 0,537503 | 0,515890 | | 0,999676 | 0,039229 | 0,379054 | 0,408881 | 1,000000 | 0,876808 | 1,000000 |
| 6 | G1MGMS | 0,026470 | 0,125891 | 0,168027 | 0,157550 | 0,999676 | | 0,006939 | 0,100433 | 0,852757 | 0,997072 | 0,441297 | 0,988155 |
| 7 | G1MSSL | 0,999976 | 0,967638 | 0,933770 | 0,942968 | 0,039229 | 0,006939 | | 0,983145 | 0,000232 | 0,061706 | 0,641920 | 0,089900 |
| 8 | G1MGMS/SSL | 0,999951 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,379054 | 0,100433 | 0,983145 | | 0,002208 | 0,502043 | 0,998886 | 0,615588 |
| 9 | G2 | 0,000563 | 0,002875 | 0,004111 | 0,003786 | 0,408881 | 0,852757 | 0,000232 | 0,002208 | | 0,298933 | 0,016715 | 0,221263 |
| 10 | G2MGMS | 0,193705 | 0,573628 | 0,669337 | 0,647791 | 1,000000 | 0,997072 | 0,061706 | 0,502043 | 0,298933 | | 0,945300 | 1,000000 |
| 11 | G2MSSL | 0,928190 | 0,999696 | 0,999966 | 0,999941 | 0,876808 | 0,441297 | 0,641920 | 0,998886 | 0,016715 | 0,945300 | | 0,978326 |
| 12 | G2MGMS/SSL | 0,264530 | 0,686877 | 0,775733 | 0,756407 | 1,000000 | 0,988155 | 0,089900 | 0,615588 | 0,221263 | 1,000000 | 0,978326 | |

c) Elasticidade do miolo no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Elasticidade(%)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} |
|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 74,750 | 70,798 | 77,083 | 66,178 | 75,762 | 63,393 | 68,536 | 62,833 | 70,833 | 71,000 | 67,440 | 71,857 |
| 1 | G0,5 | | 0,999910 | 1,000000 | 0,931931 | 1,000000 | 0,688081 | 0,993937 | 0,621285 | 0,999918 | 0,999946 | 0,977794 | 0,999996 |
| 2 | G1 | 0,999910 | | 0,993324 | 0,999593 | 0,999203 | 0,975537 | 1,000000 | 0,958567 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999982 | 1,000000 |
| 3 | G2 | 1,000000 | 0,993324 | | 0,739362 | 1,000000 | 0,408134 | 0,933176 | 0,346910 | 0,993639 | 0,994931 | 0,860979 | 0,998694 |
| 4 | G0,5MGMS | 0,931931 | 0,999593 | 0,739362 | | 0,865749 | 0,999997 | 1,000000 | 0,999983 | 0,999563 | 0,999392 | 1,000000 | 0,997214 |
| 5 | G0,5MSSL | 1,000000 | 0,999203 | 1,000000 | 0,865749 | | 0,565976 | 0,979648 | 0,497659 | 0,999254 | 0,999459 | 0,944025 | 0,999920 |
| 6 | G0,5MGMS/SSL | 0,688081 | 0,975537 | 0,408134 | 0,999997 | 0,565976 | | 0,998871 | 1,000000 | 0,974647 | 0,970155 | 0,999886 | 0,937318 |
| 7 | G1MGMS | 0,993937 | 1,000000 | 0,933176 | 1,000000 | 0,979648 | 0,998871 | | 0,997110 | 1,000000 | 0,999999 | 1,000000 | 0,999984 |
| 8 | G1MSSL | 0,621285 | 0,958567 | 0,346910 | 0,999983 | 0,497659 | 1,000000 | 0,997110 | | 0,957245 | 0,950703 | 0,999603 | 0,905814 |
| 9 | G1MGMS/SSL | 0,999918 | 1,000000 | 0,993639 | 0,999563 | 0,999254 | 0,974647 | 1,000000 | 0,957245 | | 1,000000 | 0,999980 | 1,000000 |
| 10 | G2MGMS | 0,999946 | 1,000000 | 0,994931 | 0,999392 | 0,999459 | 0,970155 | 0,999999 | 0,950703 | 1,000000 | | 0,999968 | 1,000000 |
| 11 | G2MSSL | 0,977794 | 0,999982 | 0,860979 | 1,000000 | 0,944025 | 0,999886 | 1,000000 | 0,999603 | 0,999980 | 0,999968 | | 0,999734 |
| 12 | G2MGMS/SSL | 0,999996 | 1,000000 | 0,998694 | 0,997214 | 0,999920 | 0,937318 | 0,999984 | 0,905814 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999734 | |

Tukey HSD test; variable Elasticidade(%)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} |
|----------|--------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| | | 84,357 | 71,250 | 82,417 | 62,548 | 69,917 | 69,166 | 67,595 | 70,643 | 65,393 | 73,155 | 59,702 | 70,019 |
| 1 | G0,5 | | 0,278862 | 1,000000 | 0,002234 | 0,160804 | 0,113578 | 0,050622 | 0,219475 | 0,013990 | 0,517143 | 0,000381 | 0,168293 |
| 2 | G1 | 0,278862 | | 0,522145 | 0,837702 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999849 | 1,000000 | 0,989049 | 1,000000 | 0,469740 | 1,000000 |
| 3 | G2 | 1,000000 | 0,522145 | | 0,007913 | 0,347271 | 0,264050 | 0,135218 | 0,439355 | 0,043836 | 0,776535 | 0,001245 | 0,359652 |
| 4 | G0,5MGMS | 0,002234 | 0,837702 | 0,007913 | | 0,940473 | 0,971936 | 0,996877 | 0,892324 | 0,999988 | 0,600297 | 0,999988 | 0,934795 |
| 5 | G0,5MSSL | 0,160804 | 1,000000 | 0,347271 | 0,940473 | | 1,000000 | 0,999998 | 1,000000 | 0,998845 | 0,999954 | 0,654506 | 1,000000 |
| 6 | G0,5MGMS/SSL | 0,113578 | 1,000000 | 0,264050 | 0,971936 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,999794 | 0,999651 | 0,752252 | 1,000000 |
| 7 | G1MGMS | 0,050622 | 0,999849 | 0,135218 | 0,996877 | 0,999998 | 1,000000 | | 0,999975 | 0,999999 | 0,992865 | 0,907616 | 0,999998 |
| 8 | G1MSSL | 0,219475 | 1,000000 | 0,439355 | 0,892324 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999975 | | 0,995604 | 0,999997 | 0,553678 | 1,000000 |
| 9 | G1MGMS/SSL | 0,013990 | 0,989049 | 0,043836 | 0,999988 | 0,998845 | 0,999794 | 0,999999 | 0,995604 | | 0,916750 | 0,991344 | 0,998584 |
| 10 | G2MGMS | 0,517143 | 1,000000 | 0,776535 | 0,600297 | 0,999954 | 0,999651 | 0,992865 | 0,999997 | 0,916750 | | 0,244009 | 0,999967 |
| 11 | G2MSSL | 0,000381 | 0,469740 | 0,001245 | 0,999988 | 0,654506 | 0,752252 | 0,907616 | 0,553678 | 0,991344 | 0,244009 | | 0,640471 |
| 12 | G2MGMS/SSL | 0,168293 | 1,000000 | 0,359652 | 0,934795 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999998 | 1,000000 | 0,998584 | 0,999967 | 0,640471 | |

d) Dureza do miolo e côdeas na análise do envelhecimento do pão

| Tukey HSD test; variable Dureza (N) miolo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------------|-----------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cell No. | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} | {21} | {22} | {23} | {24} |
| | | | 3,0343 | 3,6817 | 2,7763 | 3,6637 | 3,5334 | 3,6327 | 2,6149 | 2,7311 | 3,4967 | 4,9133 | 3,5177 | 4,3249 | 2,0793 | 2,6701 | 3,2503 | 3,3426 | 4,5881 | 5,0091 | 3,2199 | 4,0273 | 2,2747 | 2,1667 | 3,5649 | 3,5027 |
| 1 | G0,5 | 0 | | 0,9991 | 1,0000 | 0,9994 | 1,0000 | 0,9997 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0054 | 1,0000 | 0,3578 | 0,8940 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0780 | 0,0021 | 1,0000 | 0,8523 | 0,9914 | 0,9586 | 1,0000 | 1,0000 |
| 2 | G0,5 | 1 | 0,9991 | | 0,9358 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7484 | 0,8983 | 1,0000 | 0,4579 | 1,0000 | 0,9992 | 0,0550 | 0,8289 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9351 | 0,3011 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1980 | 0,1017 | 1,0000 | 1,0000 | |
| 3 | G0,5MGMS | 0 | 1,0000 | 0,9358 | | 0,9476 | 0,9918 | 0,9640 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9958 | 0,0004 | 0,9938 | 0,0810 | 0,9974 | 1,0000 | 0,9999 | 0,0099 | 0,0001 | 1,0000 | 0,4239 | 1,0000 | 0,9997 | 0,9863 | 0,9953 | |
| 4 | G0,5MGMS | 1 | 0,9994 | 1,0000 | 0,9476 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,7763 | 0,9147 | 1,0000 | 0,4263 | 1,0000 | 0,9988 | 0,0628 | 0,8516 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9214 | 0,2754 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2188 | 0,1145 | 1,0000 | 1,0000 |
| 5 | G0,5MSSL | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9918 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9261 | 0,9830 | 1,0000 | 0,2300 | 1,0000 | 0,9856 | 0,1500 | 0,9608 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7674 | 0,1312 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4106 | 0,2467 | 1,0000 | 1,0000 |
| 6 | G0,5MSSL | 1 | 0,9997 | 1,0000 | 0,9640 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,8205 | 0,9384 | 1,0000 | 0,3740 | 1,0000 | 0,9976 | 0,0783 | 0,8864 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8936 | 0,2343 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2582 | 0,1394 | 1,0000 | 1,0000 |
| 7 | 5MGMS/SSL | 0 | 1,0000 | 0,7484 | 1,0000 | 0,7763 | 0,9261 | 0,8205 | | 1,0000 | 0,9509 | 0,0001 | 0,9376 | 0,0238 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9993 | 0,9952 | 0,0022 | 0,0000 | 0,9997 | 0,1919 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8989 | 0,9473 |
| 8 | 5MGMS/SSL | 1 | 1,0000 | 0,8983 | 1,0000 | 0,9147 | 0,9830 | 0,9384 | 1,0000 | | 0,9905 | 0,0003 | 0,9867 | 0,0587 | 0,9990 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9996 | 0,0066 | 0,0001 | 1,0000 | 0,3489 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9734 | 0,9895 |
| 9 | G1 | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9958 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9509 | 0,9905 | | 0,1874 | 1,0000 | 0,9753 | 0,1865 | 0,9759 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7083 | 0,1035 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4749 | 0,2973 | 1,0000 | 1,0000 |
| 10 | G1 | 1 | 0,0054 | 0,4579 | 0,0004 | 0,4263 | 0,2300 | 0,3740 | 0,0001 | 0,0003 | 0,1874 | | 0,2111 | 0,9998 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0347 | 0,0693 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0272 | 0,9484 | 0,0000 | 0,0000 | 0,2712 | 0,1940 |
| 11 | G1MGMS | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9938 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9376 | 0,9867 | 1,0000 | 0,2111 | | 0,9817 | 0,1649 | 0,9679 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7428 | 0,1187 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4378 | 0,2677 | 1,0000 | 1,0000 |
| 12 | G1MGMS | 1 | 0,3578 | 0,9992 | 0,0810 | 0,9988 | 0,9856 | 0,9976 | 0,0238 | 0,0587 | 0,9753 | 0,9998 | 0,9817 | | 0,0001 | 0,0370 | 0,7361 | 0,8649 | 1,0000 | 0,9980 | 0,6852 | 1,0000 | 0,0010 | 0,0003 | 0,9914 | 0,9773 |
| 13 | G1MSSL | 0 | 0,8940 | 0,0550 | 0,9974 | 0,0628 | 0,1500 | 0,0783 | 1,0000 | 0,9990 | 0,1865 | 0,0000 | 0,1649 | 0,0001 | | 0,9998 | 0,5674 | 0,4029 | 0,0000 | 0,0000 | 0,6225 | 0,0028 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1233 | 0,1801 |
| 14 | G1MSSL | 1 | 1,0000 | 0,8289 | 1,0000 | 0,8516 | 0,9608 | 0,8864 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9759 | 0,0001 | 0,9679 | 0,0370 | 0,9998 | | 0,9998 | 0,9984 | 0,0037 | 0,0001 | 0,9999 | 0,2593 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9430 | 0,9738 |
| 15 | 1MGMS/SSL | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9993 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0347 | 1,0000 | 0,7361 | 0,5674 | 0,9998 | | 1,0000 | 0,2860 | 0,0158 | 1,0000 | 0,9886 | 0,8725 | 0,7214 | 1,0000 | 1,0000 |
| 16 | 1MGMS/SSL | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9952 | 0,9996 | 1,0000 | 0,0693 | 1,0000 | 0,8649 | 0,4029 | 0,9984 | 1,0000 | | 0,4333 | 0,0337 | 1,0000 | 0,9980 | 0,7469 | 0,5585 | 1,0000 | 1,0000 |
| 17 | G2 | 0 | 0,0780 | 0,9351 | 0,0099 | 0,9214 | 0,7674 | 0,8936 | 0,0022 | 0,0066 | 0,7083 | 1,0000 | 0,7428 | 1,0000 | 0,0000 | 0,0037 | 0,2860 | 0,4333 | | 1,0000 | 0,2447 | 0,9999 | 0,0001 | 0,0000 | 0,8131 | 0,7183 |
| 18 | G2 | 1 | 0,0021 | 0,3011 | 0,0001 | 0,2754 | 0,1312 | 0,2343 | 0,0000 | 0,0001 | 0,1035 | 1,0000 | 0,1187 | 0,9980 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0158 | 0,0337 | 1,0000 | | 0,0121 | 0,8654 | 0,0000 | 0,0000 | 0,1592 | 0,1077 |
| 19 | G22MGMS | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9997 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0272 | 1,0000 | 0,6852 | 0,6225 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2447 | 0,0121 | | 0,9817 | 0,9035 | 0,7698 | 1,0000 | 1,0000 |
| 20 | G22MGMS | 1 | 0,8523 | 1,0000 | 0,4239 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1919 | 0,3489 | 1,0000 | 0,9484 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0028 | 0,2593 | 0,9886 | 0,9980 | 0,9999 | 0,8654 | 0,9817 | | 0,0166 | 0,0064 | 1,0000 | 1,0000 |
| 21 | G2MSSL | 0 | 0,9914 | 0,1980 | 1,0000 | 0,2188 | 0,4106 | 0,2582 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4749 | 0,0000 | 0,4378 | 0,0010 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8725 | 0,7469 | 0,0001 | 0,0000 | 0,9035 | 0,0166 | | 1,0000 | 0,3585 | 0,4642 |
| 22 | G2MSSL | 1 | 0,9586 | 0,1017 | 0,9997 | 0,1145 | 0,2467 | 0,1394 | 1,0000 | 0,9999 | 0,2973 | 0,0000 | 0,2677 | 0,0003 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7214 | 0,5585 | 0,0000 | 0,0000 | 0,7698 | 0,0064 | 1,0000 | | 0,2081 | 0,2887 |
| 23 | 2MGMS/SSL | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9863 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8989 | 0,9734 | 1,0000 | 0,2712 | 1,0000 | 0,9914 | 0,1233 | 0,9430 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8131 | 0,1592 | 1,0000 | 1,0000 | 0,3585 | 0,2081 | | 1,0000 |
| 24 | 2MGMS/SSL | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9953 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9473 | 0,9895 | 1,0000 | 0,1940 | 1,0000 | 0,9773 | 0,1801 | 0,9738 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7183 | 0,1077 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4642 | 0,2887 | 1,0000 | |

| Tukey HSD test; variable Dureza (N) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | côdeas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cell No. | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} | {21} | {22} | {23} | {24} | | |
| 1 | G0,5 | 0 | 4,5520 | 3,7047 | 6,8563 | 6,5897 | 7,8620 | 8,8507 | 6,3923 | 6,3960 | 4,1297 | 5,0797 | 5,0860 | 6,2290 | 4,2967 | 4,3850 | 5,2300 | 4,5257 | 4,2223 | 4,4937 | 3,3820 | 7,2890 | 2,8577 | 3,1687 | 4,0300 | 4,2793 | | |
| 2 | G0,5 | 1 | 1,0000 | | 0,7372 | 0,8864 | 0,1361 | 0,0087 | 0,9529 | 0,9520 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9818 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,4282 | 0,9796 | 0,9983 | 1,0000 | 1,0000 | | |
| 3 | G1 | 0 | 0,7372 | 0,1949 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9043 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4353 | 0,9666 | 0,9678 | 1,0000 | 0,5551 | 0,6198 | 0,9871 | 0,7195 | 0,5010 | 0,6975 | 0,0911 | 1,0000 | 0,0215 | 0,0520 | 0,3689 | 0,5424 | | |
| 4 | G1 | 1 | 0,8864 | 0,3324 | 1,0000 | | 0,9995 | 0,7654 | 1,0000 | 1,0000 | 0,6281 | 0,9947 | 0,9950 | 1,0000 | 0,7447 | 0,8001 | 0,9987 | 0,8746 | 0,6943 | 0,8593 | 0,1722 | 1,0000 | 0,0461 | 0,1041 | 0,5551 | 0,7332 | | |
| 5 | G2 | 0 | 0,1361 | 0,0134 | 1,0000 | 0,9995 | | 1,0000 | 0,9963 | 0,9964 | 0,0461 | 0,3976 | 0,4018 | 0,9865 | 0,0721 | 0,0905 | 0,5024 | 0,1279 | 0,0592 | 0,1184 | 0,0049 | 1,0000 | 0,0010 | 0,0025 | 0,0349 | 0,0689 | | |
| 6 | G2 | 1 | 0,0087 | 0,0007 | 0,9043 | 0,7654 | 1,0000 | | 0,6293 | 0,6320 | 0,0023 | 0,0414 | 0,0421 | 0,5099 | 0,0039 | 0,0052 | 0,0623 | 0,0080 | 0,0031 | 0,0073 | 0,0003 | 0,9920 | 0,0002 | 0,0003 | 0,0017 | 0,0037 | | |
| 7 | G2MGMS | 0 | 0,9529 | 0,4625 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9963 | 0,6293 | | 1,0000 | 0,7644 | 0,9992 | 0,9993 | 1,0000 | 0,8594 | 0,8992 | 0,9999 | 0,9462 | 0,8201 | 0,9372 | 0,2616 | 1,0000 | 0,0781 | 0,1661 | 0,6978 | 0,8507 | | |
| 8 | G2MGMS | 1 | 0,9520 | 0,4599 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9964 | 0,6320 | 1,0000 | | 0,7620 | 0,9992 | 0,9992 | 1,0000 | 0,8576 | 0,8977 | 0,9999 | 0,9453 | 0,8180 | 0,9361 | 0,2597 | 1,0000 | 0,0773 | 0,1647 | 0,6952 | 0,8489 | | |
| 9 | G2MSSL | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4353 | 0,6281 | 0,0461 | 0,0023 | 0,7644 | 0,7620 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,8576 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1916 | 0,9995 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | |
| 10 | G2MSSL | 1 | 1,0000 | 0,9985 | 0,9666 | 0,9947 | 0,3976 | 0,0414 | 0,9992 | 0,9992 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9792 | 0,7973 | 0,7897 | 0,9335 | 1,0000 | 1,0000 | | |
| 11 | G2MGMS/SSL | 0 | 1,0000 | 0,9984 | 0,9678 | 0,9950 | 0,4018 | 0,0421 | 0,9993 | 0,9992 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9784 | 0,8010 | 0,7858 | 0,9315 | 1,0000 | 1,0000 | | |
| 12 | G2MGMS/SSL | 1 | 0,9818 | 0,5810 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9865 | 0,5099 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8576 | 0,9999 | 0,9999 | | 0,9267 | 0,9520 | 1,0000 | 0,9784 | 0,8994 | 0,9738 | 0,3558 | 1,0000 | 0,1176 | 0,2364 | 0,8034 | 0,9208 | | |
| 13 | G0,5MGMS | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5551 | 0,7447 | 0,0721 | 0,0039 | 0,8594 | 0,8576 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9267 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2711 | 0,9972 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | | |
| 14 | G0,5MGMS | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 0,6198 | 0,8001 | 0,0905 | 0,0052 | 0,8992 | 0,8977 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9520 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,3210 | 0,9939 | 0,9997 | 1,0000 | 1,0000 | | |
| 15 | G0,5MSSL | 0 | 1,0000 | 0,9940 | 0,9871 | 0,9987 | 0,5024 | 0,0623 | 0,9999 | 0,9999 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9510 | 0,8769 | 0,6908 | 0,8758 | 0,9998 | 1,0000 | | |
| 16 | G0,5MSSL | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7195 | 0,8746 | 0,1279 | 0,0080 | 0,9462 | 0,9453 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9784 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,4103 | 0,9828 | 0,9987 | 1,0000 | 1,0000 | | |
| 17 | G0,5MGMS/SSL | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5010 | 0,6943 | 0,0592 | 0,0031 | 0,8201 | 0,8180 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8994 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,2334 | 0,3890 | 0,0282 | 0,0058 | 0,0150 | 0,1532 | 0,2620 |
| 18 | G0,5MGMS/SSL | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 0,6975 | 0,8593 | 0,1184 | 0,0073 | 0,9372 | 0,9361 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9738 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9999 | 0,3890 | 0,9862 | 0,9991 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | |
| 19 | G1MGMS | 0 | 0,9999 | 1,0000 | 0,0911 | 0,1722 | 0,0049 | 0,0003 | 0,2616 | 0,2597 | 1,0000 | 0,9792 | 0,9784 | 0,3558 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9510 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9999 | | 0,0282 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | |
| 20 | G1MGMS | 1 | 0,4282 | 0,0686 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9920 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1916 | 0,7973 | 0,8010 | 1,0000 | 0,2711 | 0,3210 | 0,8769 | 0,4103 | 0,2334 | 0,3890 | 0,0282 | 0,0058 | 0,0150 | 0,1532 | 0,2620 | 1,0000 | | |
| 21 | G1MSSL | 0 | 0,9796 | 1,0000 | 0,0215 | 0,0461 | 0,0010 | 0,0002 | 0,0781 | 0,0773 | 0,9995 | 0,7897 | 0,7858 | 0,1176 | 0,9972 | 0,9939 | 0,6908 | 0,9828 | 0,9886 | 0,9862 | 1,0000 | 0,0058 | | 1,0000 | 0,9999 | 0,9976 | | |
| 22 | G1MSSL | 1 | 0,9983 | 1,0000 | 0,0520 | 0,1041 | 0,0025 | 0,0003 | 0,1661 | 0,1647 | 1,0000 | 0,9335 | 0,9315 | 0,2364 | 0,9999 | 0,9997 | 0,8758 | 0,9987 | 1,0000 | 0,9991 | 1,0000 | 0,0150 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9999 | | |
| 23 | G1MGMS/SSL | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,3689 | 0,5551 | 0,0349 | 0,0017 | 0,6978 | 0,6952 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8034 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1532 | 0,9999 | 1,0000 | | 1,0000 | | |
| 24 | G1MGMS/SSL | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5424 | 0,7332 | 0,0689 | 0,0037 | 0,8507 | 0,8489 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9208 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2620 | 0,9976 | 0,9999 | 1,0000 | | | |

Anexo V – Tabela do teste de Tukey referente à variante adição de emulsionantes, com aplicação pré-tratamentos

a) Dureza do miolo no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Força_dia

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 3,0343 | 4,1257 | 3,8786 | 4,6866 | 3,6846 | 3,4967 | 5,0214 | 5,2280 | 4,4509 | 4,1129 |
| 1 | G0,5 | | 0,686149 | 0,906024 | 0,147911 | 0,981127 | 0,998480 | 0,035777 | 0,013003 | 0,326372 | 0,700298 |
| 2 | G0,5E135°C | 0,686149 | | 0,999992 | 0,993340 | 0,998949 | 0,984952 | 0,871341 | 0,674059 | 0,999915 | 1,000000 |
| 3 | G0,5E150°C | 0,906024 | 0,999992 | | 0,926528 | 0,999999 | 0,999677 | 0,628000 | 0,394085 | 0,992281 | 0,999995 |
| 4 | G0,5E135°CMGMS | 0,147911 | 0,993340 | 0,926528 | | 0,779795 | 0,573612 | 0,999891 | 0,994854 | 0,999995 | 0,992136 |
| 5 | G0,5E150°CMGMS | 0,981127 | 0,998949 | 0,999999 | 0,779795 | | 0,999999 | 0,407429 | 0,218411 | 0,946156 | 0,999189 |
| 6 | G1 | 0,998480 | 0,984952 | 0,999677 | 0,573612 | 0,999999 | | 0,232583 | 0,108890 | 0,824117 | 0,986950 |
| 7 | G1E135°C | 0,035777 | 0,871341 | 0,628000 | 0,999891 | 0,407429 | 0,232583 | | 0,999998 | 0,992446 | 0,861646 |
| 8 | G1E150°C | 0,013003 | 0,674059 | 0,394085 | 0,994854 | 0,218411 | 0,108890 | 0,999998 | | 0,941448 | 0,659600 |
| 9 | G1E135°CMGMS | 0,326372 | 0,999915 | 0,992281 | 0,999995 | 0,946156 | 0,824117 | 0,992446 | 0,941448 | | 0,999882 |
| 10 | G1E150°CMGMS | 0,700298 | 1,000000 | 0,999995 | 0,992136 | 0,999189 | 0,986950 | 0,861646 | 0,659600 | 0,999882 | |

Tukey HSD test; variable Força_dia1 (N)

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 3,6817 | 4,6264 | 4,2420 | 4,8123 | 4,9357 | 4,9133 | 5,4993 | 5,5056 | 5,8664 | 4,3564 |
| 1 | G0,5 | | 0,898714 | 0,996835 | 0,757521 | 0,635608 | 0,658734 | 0,150942 | 0,147757 | 0,037068 | 0,987648 |
| 2 | G0,5E135°C | 0,898714 | | 0,999848 | 1,000000 | 0,999976 | 0,999987 | 0,935089 | 0,932324 | 0,650077 | 0,999992 |
| 3 | G0,5E150°C | 0,996835 | 0,999848 | | 0,996385 | 0,985023 | 0,988079 | 0,632197 | 0,625654 | 0,275912 | 1,000000 |
| 4 | G0,5E135°CMGMS | 0,757521 | 1,000000 | 0,996385 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,985993 | 0,985087 | 0,823243 | 0,999392 |
| 5 | G0,5E150°CMGMS | 0,635608 | 0,999976 | 0,985023 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,996692 | 0,996405 | 0,906622 | 0,995920 |
| 6 | G1 | 0,658734 | 0,999987 | 0,988079 | 1,000000 | 1,000000 | | 0,995545 | 0,995179 | 0,893751 | 0,996978 |
| 7 | G1E135°C | 0,150942 | 0,935089 | 0,632197 | 0,985993 | 0,996692 | 0,995545 | | 1,000000 | 0,999897 | 0,746126 |
| 8 | G1E150°C | 0,147757 | 0,932324 | 0,625654 | 0,985087 | 0,996405 | 0,995179 | 1,000000 | | 0,999910 | 0,740219 |
| 9 | G1E135°CMGMS | 0,037068 | 0,650077 | 0,275912 | 0,823243 | 0,906622 | 0,893751 | 0,999897 | 0,999910 | | 0,374472 |
| 10 | G1E150°CMGMS | 0,987648 | 0,999992 | 1,000000 | 0,999392 | 0,995920 | 0,996978 | 0,746126 | 0,740219 | 0,374472 | |

b) Dureza da cõdea no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Dureza_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 4,5520 | 7,4910 | 4,6840 | 7,4513 | 6,1090 | 6,8563 | 6,5623 | 6,4747 | 6,3650 | 6,6313 |
| 1 | G0,5 | | 0,121103 | 1,000000 | 0,130754 | 0,816398 | 0,364617 | 0,540269 | 0,596535 | 0,666720 | 0,496734 |
| 2 | G0,5E135°C | 0,121103 | | 0,155778 | 1,000000 | 0,895622 | 0,999463 | 0,990613 | 0,982768 | 0,966968 | 0,994564 |
| 3 | G0,5E150°C | 1,000000 | 0,155778 | | 0,167688 | 0,878365 | 0,439807 | 0,625051 | 0,680787 | 0,747631 | 0,580654 |
| 4 | G0,5E135°CMGMS | 0,130754 | 1,000000 | 0,167688 | | 0,910180 | 0,999679 | 0,993088 | 0,986772 | 0,973553 | 0,996149 |
| 5 | G0,5E150°CMGMS | 0,816398 | 0,895622 | 0,878365 | 0,910180 | | 0,998076 | 0,999966 | 0,999995 | 1,000000 | 0,999889 |
| 6 | G1 | 0,364617 | 0,999463 | 0,439807 | 0,999679 | 0,998076 | | 0,999999 | 0,999992 | 0,999933 | 1,000000 |
| 7 | G1E135°C | 0,540269 | 0,990613 | 0,625051 | 0,993088 | 0,999966 | 0,999999 | | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 |
| 8 | G1E150°C | 0,596535 | 0,982768 | 0,680787 | 0,986772 | 0,999995 | 0,999992 | 1,000000 | | 1,000000 | 1,000000 |
| 9 | G1E135°CMGMS | 0,666720 | 0,966968 | 0,747631 | 0,973553 | 1,000000 | 0,999933 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 |
| 10 | G1E150°CMGMS | 0,496734 | 0,994564 | 0,580654 | 0,996149 | 0,999889 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | |

Tukey HSD test; variable Dureza_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} |
|----------|----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | 3,7047 | 7,6057 | 3,4400 | 4,7930 | 8,0120 | 6,5897 | 7,2023 | 6,0070 | 10,137 | 6,4363 |
| 1 | G0,5 | | 0,120434 | 1,000000 | 0,996123 | 0,064864 | 0,437828 | 0,211894 | 0,714496 | 0,001885 | 0,508817 |
| 2 | G0,5E135°C | 0,120434 | | 0,080887 | 0,470923 | 0,999999 | 0,997679 | 0,999999 | 0,950387 | 0,605206 | 0,993472 |
| 3 | G0,5E150°C | 1,000000 | 0,080887 | | 0,982319 | 0,042500 | 0,327452 | 0,147163 | 0,588052 | 0,001238 | 0,389263 |
| 4 | G0,5E135°CMGMS | 0,996123 | 0,470923 | 0,982319 | | 0,301525 | 0,905705 | 0,664224 | 0,991504 | 0,011726 | 0,941898 |
| 5 | G0,5E150°CMGMS | 0,064864 | 0,999999 | 0,042500 | 0,301525 | | 0,975593 | 0,999605 | 0,838960 | 0,792056 | 0,954405 |
| 6 | G1 | 0,437828 | 0,997679 | 0,327452 | 0,905705 | 0,975593 | | 0,999960 | 0,999974 | 0,198210 | 1,000000 |
| 7 | G1E135°C | 0,211894 | 0,999999 | 0,147163 | 0,664224 | 0,999605 | 0,999960 | | 0,992374 | 0,415675 | 0,999747 |
| 8 | G1E150°C | 0,714496 | 0,950387 | 0,588052 | 0,991504 | 0,838960 | 0,999974 | 0,992374 | | 0,085390 | 0,999998 |
| 9 | G1E135°CMGMS | 0,001885 | 0,605206 | 0,001238 | 0,011726 | 0,792056 | 0,198210 | 0,415675 | 0,085390 | | 0,160487 |
| 10 | G1E150°CMGMS | 0,508817 | 0,993472 | 0,389263 | 0,941898 | 0,954405 | 1,000000 | 0,999747 | 0,999998 | 0,160487 | |

c) Elasticidade do miolo no dia 0 e no dia 1

| Tukey HSD test; variable Elasticidade_dia0 (%) | | | | | | | | | | | | Tukey HSD test; variable Elasticidade_dia 1(%) | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|------------------------------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Cell No. | Amostra | {1} 74,750 | {2} 78,083 | {3} 77,238 | {4} 73,250 | {5} 69,655 | {6} 70,798 | {7} 77,202 | {8} 79,726 | {9} 74,905 | {10} 75,786 | Cell No. | Amostra | {1} 84,357 | {2} 74,000 | {3} 70,631 | {4} 74,845 | {5} 75,452 | {6} 71,250 | {7} 76,143 | {8} 81,095 | {9} 77,631 | {10} 74,083 |
| 1 | G0,5 | | 0,999895 | 0,999991 | 1,000000 | 0,996742 | 0,999573 | 0,999992 | 0,997276 | 1,000000 | 1,000000 | 1 | G0,5 | | 0,862106 | 0,557946 | 0,912238 | 0,939853 | 0,620846 | 0,963279 | 0,999971 | 0,990429 | 0,867639 |
| 2 | G0,5E135°C | 0,999895 | | 1,000000 | 0,997846 | 0,906825 | 0,960453 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999929 | 0,999996 | 2 | G0,5E135°C | 0,862106 | | 0,999962 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999993 | 0,999999 | 0,986064 | 0,999928 | 1,000000 |
| 3 | G0,5E150°C | 0,999991 | 1,000000 | | 0,999541 | 0,949395 | 0,982299 | 1,000000 | 0,999991 | 0,999995 | 1,000000 | 3 | G0,5E150°C | 0,557946 | 0,999962 | | 0,999754 | 0,999269 | 1,000000 | 0,997852 | 0,854767 | 0,987316 | 0,999953 |
| 4 | G0,5E135°CMGMS | 1,000000 | 0,997846 | 0,999541 | | 0,999803 | 0,999992 | 0,999573 | 0,981620 | 1,000000 | 0,999990 | 4 | G0,5E135°CMGMS | 0,912238 | 1,000000 | 0,999754 | | 1,000000 | 0,999934 | 1,000000 | 0,994382 | 0,999993 | 1,000000 |
| 5 | G0,5E150°CMGMS | 0,996742 | 0,906825 | 0,949395 | 0,999803 | | 1,000000 | 0,950822 | 0,774592 | 0,995908 | 0,987386 | 5 | G0,5E150°CMGMS | 0,939853 | 1,000000 | 0,999269 | 1,000000 | | 0,999759 | 1,000000 | 0,997398 | 0,999999 | 1,000000 |
| 6 | G1 | 0,999573 | 0,960453 | 0,982299 | 0,999992 | 1,000000 | | 0,982954 | 0,873332 | 0,999418 | 0,997226 | 6 | G1 | 0,620846 | 0,999993 | 1,000000 | 0,999934 | 0,999759 | | 0,999179 | 0,894085 | 0,993464 | 0,999991 |
| 7 | G1E135°C | 0,999992 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999573 | 0,950822 | 0,982954 | | 0,999990 | 0,999996 | 1,000000 | 7 | G1E135°C | 0,963279 | 0,999999 | 0,997852 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999179 | | 0,999073 | 1,000000 | 0,999999 |
| 8 | G1E150°C | 0,997276 | 1,000000 | 0,999991 | 0,981620 | 0,774592 | 0,873332 | 0,999990 | | 0,997885 | 0,999583 | 8 | G1E150°C | 0,999971 | 0,986064 | 0,854767 | 0,994382 | 0,997398 | 0,894085 | 0,999073 | | 0,999952 | 0,987165 |
| 9 | G1E135°CMGMS | 1,000000 | 0,999929 | 0,999995 | 1,000000 | 0,995908 | 0,999418 | 0,999996 | 0,997885 | | 1,000000 | 9 | G1E135°CMGMS | 0,990429 | 0,999928 | 0,987316 | 0,999993 | 0,999999 | 0,993464 | 1,000000 | 0,999952 | | 0,999941 |
| 10 | G1E150°CMGMS | 1,000000 | 0,999996 | 1,000000 | 0,999990 | 0,987386 | 0,997226 | 1,000000 | 0,999583 | 1,000000 | | 10 | G1E150°CMGMS | 0,867639 | 1,000000 | 0,999953 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999991 | 0,999999 | 0,987165 | 0,999941 | |

d) Dureza do miolo e cõdea na análise do envelhecimento do pão

Tukey HSD test; variable Dureza (N) miolo

| | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} |
|----------|----------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Cell No. | | | 3,0343 | 3,6817 | 4,1257 | 4,6264 | 3,8786 | 4,2420 | 4,6866 | 4,8123 | 3,6846 | 4,9357 | 3,4967 | 4,9133 | 5,0214 | 5,4993 | 5,2280 | 5,5056 | 4,4509 | 5,8664 | 4,1129 | 4,3564 |
| 1 | G0,5 | 0 | | 0,9999 | 0,9625 | 0,5149 | 0,9979 | 0,9084 | 0,4432 | 0,3070 | 0,9999 | 0,2003 | 1,0000 | 0,2174 | 0,1437 | 0,0143 | 0,0578 | 0,0138 | 0,7243 | 0,0017 | 0,9666 | 0,8206 |
| 2 | G0,5 | 1 | 0,9999 | | 1,0000 | 0,9918 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9837 | 0,9480 | 1,0000 | 0,8771 | 1,0000 | 0,8930 | 0,8041 | 0,2696 | 0,5708 | 0,2639 | 0,9994 | 0,0603 | 1,0000 | 0,9999 |
| 3 | G0,5E135°C | 0 | 0,9625 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9988 | 1,0000 | 0,9992 | 0,9956 | 0,7704 | 0,9588 | 0,7639 | 1,0000 | 0,3448 | 1,0000 | 1,0000 |
| 4 | G0,5E135°C | 1 | 0,5149 | 0,9918 | 1,0000 | | 0,9996 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9921 | 1,0000 | 0,9484 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9968 | 1,0000 | 0,9965 | 1,0000 | 0,8872 | 1,0000 | 1,0000 |
| 5 | G0,5E150°C | 0 | 0,9979 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9996 | | 1,0000 | 0,9988 | 0,9928 | 1,0000 | 0,9726 | 1,0000 | 0,9779 | 0,9427 | 0,4805 | 0,7947 | 0,4730 | 1,0000 | 0,1432 | 1,0000 | 1,0000 |
| 6 | G0,5E150°C | 1 | 0,9084 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9996 | 0,9999 | 0,9993 | 0,8746 | 0,9867 | 0,8699 | 1,0000 | 0,4761 | 1,0000 | 1,0000 |
| 7 | G0,5E135°CMGMS | 0 | 0,4432 | 0,9837 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9988 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9842 | 1,0000 | 0,9190 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9987 | 1,0000 | 0,9986 | 1,0000 | 0,9245 | 1,0000 | 1,0000 |
| 8 | G0,5E135°CMGMS | 1 | 0,3070 | 0,9480 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9928 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9492 | 1,0000 | 0,8265 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9733 | 0,9998 | 1,0000 |
| 9 | G0,5E150°CMGMS | 0 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9921 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9842 | 0,9492 | | 0,8792 | 1,0000 | 0,8949 | 0,8068 | 0,2722 | 0,5743 | 0,2665 | 0,9994 | 0,0611 | 1,0000 | 0,9999 |
| 10 | G0,5E150°CMGMS | 1 | 0,2003 | 0,8771 | 0,9988 | 1,0000 | 0,9726 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8792 | | 0,6990 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9931 | 0,9985 | 1,0000 |
| 11 | G1 | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9484 | 1,0000 | 0,9996 | 0,9190 | 0,8265 | 1,0000 | 0,6990 | | 0,7243 | 0,5972 | 0,1349 | 0,3547 | 0,1315 | 0,9908 | 0,0239 | 1,0000 | 0,9974 |
| 12 | G1 | 1 | 0,2174 | 0,8930 | 0,9992 | 1,0000 | 0,9779 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8949 | 1,0000 | 0,7243 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9909 | 0,9990 | 1,0000 |
| 13 | G1E135°C | 0 | 0,1437 | 0,8041 | 0,9956 | 1,0000 | 0,9427 | 0,9993 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8068 | 1,0000 | 0,5972 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9979 | 0,9948 | 0,9999 |
| 14 | G1E135°C | 1 | 0,0143 | 0,2696 | 0,7704 | 0,9968 | 0,4805 | 0,8746 | 0,9987 | 0,9999 | 0,2722 | 1,0000 | 0,1349 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9747 | 1,0000 | 0,7570 | 0,9427 |
| 15 | G1E150°C | 0 | 0,0578 | 0,5708 | 0,9588 | 1,0000 | 0,7947 | 0,9867 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5743 | 1,0000 | 0,3547 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9993 | 1,0000 | 0,9541 | 0,9968 |
| 16 | G1E150°C | 1 | 0,0138 | 0,2639 | 0,7639 | 0,9965 | 0,4730 | 0,8699 | 0,9986 | 0,9999 | 0,2665 | 1,0000 | 0,1315 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9732 | 1,0000 | 0,7503 | 0,9399 |
| 17 | G1E135°CMGMS | 0 | 0,7243 | 0,9994 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9994 | 1,0000 | 0,9908 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9747 | 0,9993 | 0,9732 | | 0,7254 | 1,0000 | 1,0000 |
| 18 | G1E135°CMGMS | 1 | 0,0017 | 0,0603 | 0,3448 | 0,8872 | 0,1432 | 0,4761 | 0,9245 | 0,9733 | 0,0611 | 0,9931 | 0,0239 | 0,9909 | 0,9979 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7254 | | 0,3315 | 0,6150 |
| 19 | G1E150°CMGMS | 0 | 0,9666 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9998 | 1,0000 | 0,9985 | 1,0000 | 0,9990 | 0,9948 | 0,7570 | 0,9541 | 0,7503 | 1,0000 | 0,3315 | | 1,0000 |
| 20 | G1E150°CMGMS | 1 | 0,8206 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9974 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9427 | 0,9968 | 0,9399 | 1,0000 | 0,6150 | 1,0000 | |

Tukey HSD test; variable Dureza (N) código

| Cell No. | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} |
|----------|-----------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | G0,5 | 0 | 4,5520 | 3,7047 | 7,4910 | 7,6057 | 4,6840 | 3,4400 | 7,4513 | 4,7930 | 6,1090 | 8,0120 | 6,8563 | 6,5897 | 6,5623 | 7,2023 | 6,4747 | 6,0070 | 6,3650 | 10,137 | 6,6313 | 6,4363 |
| 2 | G0,5 | 1 | 1,0000 | | 0,5030 | 0,4354 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5269 | 1,0000 | 0,9963 | 0,2350 | 0,8568 | 0,9435 | 0,9496 | 0,6779 | 0,9660 | 0,9983 | 0,9806 | 0,0018 | 0,9332 | 0,9718 |
| 3 | G0,5E135°C | 0 | 0,5030 | 0,1290 | | 1,0000 | 0,5833 | 0,0750 | 1,0000 | 0,6495 | 0,9991 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9979 | 0,9999 | 0,6803 | 1,0000 | 1,0000 |
| 4 | G0,5E135°C | 1 | 0,4354 | 0,1026 | 1,0000 | | 0,5134 | 0,0585 | 1,0000 | 0,5798 | 0,9977 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9949 | 0,9998 | 0,7458 | 1,0000 | 0,9999 |
| 5 | G0,5E150°C | 0 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5833 | 0,5134 | | 0,9998 | 0,6075 | 1,0000 | 0,9987 | 0,2920 | 0,9060 | 0,9687 | 0,9727 | 0,7531 | 0,9828 | 0,9995 | 0,9911 | 0,0025 | 0,9619 | 0,9862 |
| 6 | G0,5E150°C | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0750 | 0,0585 | 0,9998 | | 0,0815 | 0,9994 | 0,6669 | 0,0230 | 0,2529 | 0,3819 | 0,3968 | 0,1352 | 0,4463 | 0,7261 | 0,5114 | 0,0002 | 0,3597 | 0,4687 |
| 7 | G0,5E135°C MGMS | 0 | 0,5269 | 0,1393 | 1,0000 | 1,0000 | 0,6075 | 0,0815 | | 0,6732 | 0,9994 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9985 | 1,0000 | 0,6567 | 1,0000 | 1,0000 |
| 8 | G0,5E135°C MGMS | 1 | 1,0000 | 1,0000 | 0,6495 | 0,5798 | 1,0000 | 0,9994 | 0,6732 | | 0,9995 | 0,3454 | 0,9373 | 0,9822 | 0,9848 | 0,8092 | 0,9911 | 0,9999 | 0,9958 | 0,0034 | 0,9777 | 0,9931 |
| 9 | G0,5E150°C MGMS | 0 | 0,9963 | 0,8117 | 0,9991 | 0,9977 | 0,9987 | 0,6669 | 0,9994 | 0,9995 | | 0,9691 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0787 | 1,0000 | 1,0000 |
| 10 | G0,5E150°C MGMS | 1 | 0,2350 | 0,0426 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2920 | 0,0230 | 1,0000 | 0,3454 | 0,9691 | | 0,9999 | 0,9988 | 0,9984 | 1,0000 | 0,9968 | 0,9507 | 0,9929 | 0,9205 | 0,9992 | 0,9957 |
| 11 | G1 | 0 | 0,8568 | 0,3808 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9060 | 0,2529 | 1,0000 | 0,9373 | 1,0000 | 0,9999 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,3143 | 1,0000 | 1,0000 |
| 12 | G1 | 1 | 0,9435 | 0,5356 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9687 | 0,3819 | 1,0000 | 0,9822 | 1,0000 | 0,9988 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2017 | 1,0000 | 1,0000 |
| 13 | G1E135°C | 0 | 0,9496 | 0,5523 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9727 | 0,3968 | 1,0000 | 0,9848 | 1,0000 | 0,9984 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1921 | 1,0000 | 1,0000 |
| 14 | G1E135°C | 1 | 0,6779 | 0,2202 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7531 | 0,1352 | 1,0000 | 0,8092 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,5054 | 1,0000 | 1,0000 |
| 15 | G1E150°C | 0 | 0,9660 | 0,6059 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9828 | 0,4463 | 1,0000 | 0,9911 | 1,0000 | 0,9968 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,1635 | 1,0000 | 1,0000 |
| 16 | G1E150°C | 1 | 0,9983 | 0,8576 | 0,9979 | 0,9949 | 0,9995 | 0,7261 | 0,9985 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9507 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,0632 | 1,0000 | 1,0000 |
| 17 | G1E135°C MGMS | 0 | 0,9806 | 0,6720 | 0,9999 | 0,9998 | 0,9911 | 0,5114 | 1,0000 | 0,9958 | 1,0000 | 0,9929 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,1326 | 1,0000 | 1,0000 |
| 18 | G1E135°C MGMS | 1 | 0,0018 | 0,0003 | 0,6803 | 0,7458 | 0,0025 | 0,0002 | 0,6567 | 0,0034 | 0,0787 | 0,9205 | 0,3143 | 0,2017 | 0,1921 | 0,5054 | 0,1635 | 0,0632 | 0,1326 | | 0,2171 | 0,1521 |
| 19 | G1E150°C MGMS | 0 | 0,9332 | 0,5104 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9619 | 0,3597 | 1,0000 | 0,9777 | 1,0000 | 0,9992 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,2171 | | 1,0000 |
| 20 | G1E150°C MGMS | 1 | 0,9718 | 0,6292 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9862 | 0,4687 | 1,0000 | 0,9931 | 1,0000 | 0,9957 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1521 | 1,0000 | |

Anexo VI – Tabela do teste de Tukey referente à variante adição de emulsionantes, nas granulometrias 1 e 2mm

a) Dureza do miolo no dia 0 e no dia 1

Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} |
|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | G1 | 3,4967 | 4,5881 | 3,6163 | 3,8276 | 5,1856 | 4,5750 | 4,3773 | 4,8520 |
| 2 | G2 | 0,307268 | | 0,453897 | 0,740367 | 0,906451 | 1,000000 | 0,999826 | 0,999237 |
| 3 | G1M1%MC | 0,999996 | 0,453897 | | 0,999823 | 0,033298 | 0,471487 | 0,739829 | 0,173931 |
| 4 | G1M2%MC | 0,996608 | 0,740367 | 0,999823 | | 0,099702 | 0,756656 | 0,937715 | 0,386096 |
| 5 | G1MP | 0,016825 | 0,906451 | 0,033298 | 0,099702 | | 0,896393 | 0,678328 | 0,996421 |
| 6 | G2M1%MC | 0,321940 | 1,000000 | 0,471487 | 0,756656 | 0,896393 | | 0,999887 | 0,998925 |
| 7 | G2M2%MC | 0,579077 | 0,999826 | 0,739829 | 0,937715 | 0,678328 | 0,999887 | | 0,971254 |
| 8 | G2MP | 0,101014 | 0,999237 | 0,173931 | 0,386096 | 0,996421 | 0,998925 | 0,971254 | |

Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia1

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} |
|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 1 | G1 | 4,9133 | 5,0091 | 3,9470 | 4,1006 | 4,9819 | 5,1707 | 5,8066 | 5,6101 |
| 2 | G2 | 0,999999 | | 0,519542 | 0,719841 | 1,000000 | 0,999516 | 0,616349 | 0,847149 |
| 3 | G1M1%MC | 0,519542 | 0,397783 | | 0,596096 | 1,000000 | 0,999979 | 0,738436 | 0,922574 |
| 4 | G1M2%MC | 0,719841 | 0,596096 | 0,999985 | | 0,431273 | 0,228724 | 0,009916 | 0,029753 |
| 5 | G1MP | 1,000000 | 1,000000 | 0,431273 | 0,632165 | | 0,999939 | 0,704957 | 0,904185 |
| 6 | G2M1%MC | 0,999516 | 0,999979 | 0,228724 | 0,388193 | 0,999939 | | 0,898648 | 0,985609 |
| 7 | G2M2%MC | 0,616349 | 0,738436 | 0,009916 | 0,023608 | 0,704957 | 0,898648 | | 0,999920 |
| 8 | G2MP | 0,847149 | 0,922574 | 0,029753 | 0,065432 | 0,904185 | 0,985609 | 0,999920 | |

b) Dureza da côdea no dia 0 e no dia 1

| Tukey HSD test; variable Dureza (N)_dia0 | | | | | | | | | | Tukey HSD test; variable Dureza (N)_dia1 | | | | | | | | | |
|------------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} |
| | | 6,8563 | 6,1490 | 5,5973 | 1,9470 | 7,8620 | 7,6440 | 8,3823 | 7,0867 | | | 6,5897 | 4,7370 | 6,0587 | 3,7890 | 8,8507 | 10,042 | 10,831 | 9,0267 |
| 1 | G1 | | 0,994170 | 0,880345 | 0,002117 | 0,958496 | 0,989043 | 0,747433 | 0,999996 | 1 | G1 | | 0,974977 | 0,999991 | 0,825403 | 0,931121 | 0,642224 | 0,408748 | 0,902625 |
| 2 | G1M1%MC | 0,994170 | | 0,998770 | 0,008467 | 0,635132 | 0,764958 | 0,334656 | 0,971177 | 2 | G1M1%MC | 0,974977 | | 0,996479 | 0,999577 | 0,444146 | 0,182453 | 0,090747 | 0,395863 |
| 3 | G1M2%MC | 0,880345 | 0,998770 | | 0,025746 | 0,319581 | 0,433336 | 0,135464 | 0,768113 | 3 | G1M2%MC | 0,999991 | 0,996479 | | 0,929854 | 0,827507 | 0,481783 | 0,279668 | 0,782594 |
| 4 | G1MP | 0,002117 | 0,008467 | 0,025746 | | 0,000422 | 0,000558 | 0,000260 | 0,001377 | 4 | G1MP | 0,825403 | 0,999577 | 0,929854 | | 0,222896 | 0,078355 | 0,036786 | 0,192958 |
| 5 | G2 | 0,958496 | 0,635132 | 0,319581 | 0,000422 | | 0,999998 | 0,999153 | 0,989996 | 5 | G2 | 0,931121 | 0,444146 | 0,827507 | 0,222896 | | 0,998159 | 0,964379 | 1,000000 |
| 6 | G2M1%MC | 0,989043 | 0,764958 | 0,433336 | 0,000558 | 0,999998 | | 0,992478 | 0,998688 | 6 | G2M1%MC | 0,642224 | 0,182453 | 0,481783 | 0,078355 | 0,998159 | | 0,999873 | 0,999342 |
| 7 | G2M2%MC | 0,747433 | 0,334656 | 0,135464 | 0,000260 | 0,999153 | 0,992478 | | 0,864874 | 7 | G2M2%MC | 0,408748 | 0,090747 | 0,279668 | 0,036786 | 0,964379 | 0,999873 | | 0,978297 |
| 8 | G2MP | 0,999996 | 0,971177 | 0,768113 | 0,001377 | 0,989996 | 0,998688 | 0,864874 | | 8 | G2MP | 0,902625 | 0,395863 | 0,782594 | 0,192958 | 1,000000 | 0,999342 | 0,978297 | |

c) Elasticidade do miolo no dia 0 e no dia 1

| Tukey HSD test; variable Elasticidade(%)_dia0 | | | | | | | | | | Tukey HSD test; variable Elasticidade(%)_dia1 | | | | | | | | | |
|-----------------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} |
| | | 70,798 | 77,083 | 71,667 | 75,512 | 76,488 | 67,536 | 73,143 | 73,024 | | | 71,250 | 82,417 | 70,964 | 71,500 | 77,571 | 66,619 | 71,202 | 67,107 |
| 1 | G1 | | 0,928771 | 1,000000 | 0,984891 | 0,957159 | 0,998446 | 0,999827 | 0,999877 | 1 | G1 | | 0,278894 | 1,000000 | 1,000000 | 0,877897 | 0,974778 | 1,000000 | 0,986611 |
| 2 | G2 | 0,928771 | | 0,967087 | 0,999988 | 1,000000 | 0,610762 | 0,994829 | 0,993804 | 2 | G2 | 0,278894 | | 0,250238 | 0,305620 | 0,967652 | 0,031094 | 0,273968 | 0,040685 |
| 3 | G1M1%MC | 1,000000 | 0,967087 | | 0,995557 | 0,982812 | 0,993103 | 0,999992 | 0,999996 | 3 | G1M1%MC | 1,000000 | 0,250238 | | 1,000000 | 0,851560 | 0,982380 | 1,000000 | 0,991229 |
| 4 | G1M2%MC | 0,984891 | 0,999988 | 0,995557 | | 1,000000 | 0,793211 | 0,999814 | 0,999743 | 4 | G1M2%MC | 1,000000 | 0,305620 | 1,000000 | | 0,898526 | 0,966332 | 1,000000 | 0,981251 |
| 5 | G1MP | 0,957159 | 1,000000 | 0,982812 | 1,000000 | | 0,683693 | 0,998175 | 0,997701 | 5 | G1MP | 0,877897 | 0,967652 | 0,851560 | 0,898526 | | 0,301712 | 0,873699 | 0,357649 |
| 6 | G2M1%MC | 0,998446 | 0,610762 | 0,993103 | 0,793211 | 0,683693 | | 0,960376 | 0,964665 | 6 | G2M1%MC | 0,974778 | 0,031094 | 0,982380 | 0,966332 | 0,301712 | | 0,976189 | 1,000000 |
| 7 | G2M2%MC | 0,999827 | 0,994829 | 0,999992 | 0,999814 | 0,998175 | 0,960376 | | 1,000000 | 7 | G2M2%MC | 1,000000 | 0,273968 | 1,000000 | 1,000000 | 0,873699 | 0,976189 | | 0,987484 |
| 8 | G2MP | 0,999877 | 0,993804 | 0,999996 | 0,999743 | 0,997701 | 0,964665 | 1,000000 | | 8 | G2MP | 0,986611 | 0,040685 | 0,991229 | 0,981251 | 0,357649 | 1,000000 | 0,987484 | |

d) Dureza do miolo e côdea na análise do envelhecimento do pão

Tukey HSD test; variable Dureza (N) miolo

| Cell No. | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} |
|----------|---------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 3,4967 | 4,9133 | 3,6163 | 3,9470 | 3,8276 | 4,1006 | 5,1856 | 4,9819 | 4,5881 | 5,0091 | 4,5750 | 5,1707 | 4,3773 | 5,8066 | 4,8520 | 5,6101 |
| 1 | G1 | 0 | | 0,217780 | 1,000000 | 0,999894 | 0,999998 | 0,996706 | 0,052920 | 0,158413 | 0,652047 | 0,138526 | 0,671163 | 0,057719 | 0,901203 | 0,000760 | 0,282648 | 0,003088 |
| 2 | G1 | 1 | 0,217780 | | 0,354136 | 0,817948 | 0,660388 | 0,946071 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999998 | 1,000000 | 0,999997 | 1,000000 | 0,999151 | 0,890730 | 1,000000 | 0,985969 |
| 3 | G1M1%MC | 0 | 1,000000 | 0,354136 | | 0,999998 | 1,000000 | 0,999742 | 0,103334 | 0,271007 | 0,811547 | 0,241617 | 0,826463 | 0,111734 | 0,968808 | 0,001773 | 0,438153 | 0,007301 |
| 4 | G1M1%MC | 1 | 0,999894 | 0,817948 | 0,999998 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,434079 | 0,732067 | 0,993835 | 0,694254 | 0,995032 | 0,455410 | 0,999940 | 0,018191 | 0,880489 | 0,061460 |
| 5 | G1M2%MC | 0 | 0,999998 | 0,660388 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,279547 | 0,558346 | 0,968959 | 0,517466 | 0,973346 | 0,296781 | 0,998845 | 0,008095 | 0,746040 | 0,029873 |
| 6 | G1M2%MC | 1 | 0,996706 | 0,946071 | 0,999742 | 1,000000 | 1,000000 | | 0,661431 | 0,900632 | 0,999720 | 0,877256 | 0,999799 | 0,682872 | 1,000000 | 0,047809 | 0,972066 | 0,140512 |
| 7 | G1MP | 0 | 0,052920 | 1,000000 | 0,103334 | 0,434079 | 0,279547 | 0,661431 | | 1,000000 | 0,997062 | 1,000000 | 0,996297 | 1,000000 | 0,948381 | 0,995577 | 0,999998 | 0,999949 |
| 8 | G1MP | 1 | 0,158413 | 1,000000 | 0,271007 | 0,732067 | 0,558346 | 0,900632 | 1,000000 | | 0,999981 | 1,000000 | 0,999971 | 1,000000 | 0,996664 | 0,939452 | 1,000000 | 0,995008 |
| 9 | G2 | 0 | 0,652047 | 0,999998 | 0,811547 | 0,993835 | 0,968959 | 0,999720 | 0,997062 | 0,999981 | | 0,999954 | 1,000000 | 0,997792 | 1,000000 | 0,463080 | 1,000000 | 0,749251 |
| 10 | G2 | 1 | 0,138526 | 1,000000 | 0,241617 | 0,694254 | 0,517466 | 0,877256 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999954 | | 0,999933 | 1,000000 | 0,994702 | 0,953755 | 1,000000 | 0,968688 |
| 11 | G2M1%MC | 0 | 0,671163 | 0,999997 | 0,826463 | 0,995032 | 0,973346 | 0,999799 | 0,996297 | 0,999971 | 1,000000 | 0,999933 | | 0,997156 | 1,000000 | 0,444084 | 1,000000 | 0,731680 |
| 12 | G2M1%MC | 1 | 0,057719 | 1,000000 | 0,111734 | 0,455410 | 0,296781 | 0,682872 | 1,000000 | 1,000000 | 0,997792 | 1,000000 | 0,997156 | | 0,955622 | 0,994347 | 0,999999 | 0,999922 |
| 13 | G2M2%MC | 0 | 0,901203 | 0,999151 | 0,968808 | 0,999940 | 0,998845 | 1,000000 | 0,948381 | 0,996664 | 1,000000 | 0,994702 | 1,000000 | 0,955622 | | 0,205729 | 0,999797 | 0,442240 |
| 14 | G2M2%MC | 1 | 0,000760 | 0,890730 | 0,001773 | 0,018191 | 0,008095 | 0,047809 | 0,995577 | 0,939452 | 0,463080 | 0,953755 | 0,444084 | 0,994347 | 0,205729 | | 0,831036 | 1,000000 |
| 15 | G2MP | 0 | 0,282648 | 1,000000 | 0,438153 | 0,880489 | 0,746040 | 0,972066 | 0,999998 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999999 | 0,999797 | 0,831036 | | 0,969810 |
| 16 | G2MP | 1 | 0,003088 | 0,985969 | 0,007301 | 0,061460 | 0,029873 | 0,140512 | 0,999949 | 0,995008 | 0,749251 | 0,996868 | 0,731680 | 0,999922 | 0,442240 | 1,000000 | 0,969810 | |

Tukey HSD test; variable Dureza (N) côdea

| Cell No. | Amostra | Dia | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} |
|----------|---------|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | 6,8563 | 6,5897 | 6,1490 | 4,7370 | 5,5973 | 6,0587 | 1,9470 | 3,7890 | 7,8620 | 8,8507 | 7,6440 | 10,042 | 8,3823 | 10,831 | 7,0867 | 9,0267 |
| 1 | G1 | 0 | | 1,000000 | 1,000000 | 0,987404 | 0,999960 | 1,000000 | 0,150605 | 0,806444 | 0,999998 | 0,992902 | 1,000000 | 0,763616 | 0,999596 | 0,434623 | 1,000000 | 0,984378 |
| 2 | G1 | 1 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,996602 | 0,999998 | 1,000000 | 0,211420 | 0,887637 | 0,999955 | 0,977632 | 0,999996 | 0,656004 | 0,997588 | 0,333904 | 1,000000 | 0,958561 |
| 3 | G1M1%MC | 0 | 1,000000 | 1,000000 | | 0,999838 | 1,000000 | 1,000000 | 0,347993 | 0,967965 | 0,998525 | 0,911546 | 0,999682 | 0,468185 | 0,979893 | 0,201371 | 0,999999 | 0,866643 |
| 4 | G1M1%MC | 1 | 0,987404 | 0,996602 | 0,999838 | | 1,000000 | 0,999927 | 0,890380 | 0,999999 | 0,785974 | 0,380548 | 0,858106 | 0,087214 | 0,573207 | 0,025959 | 0,969100 | 0,317316 |
| 5 | G1M2%MC | 0 | 0,999960 | 0,999998 | 1,000000 | 1,000000 | | 1,000000 | 0,571055 | 0,997358 | 0,977320 | 0,737391 | 0,990895 | 0,267243 | 0,891652 | 0,096536 | 0,999695 | 0,665559 |
| 6 | G1M2%MC | 1 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999927 | 1,000000 | | 0,381303 | 0,976888 | 0,997433 | 0,889869 | 0,999375 | 0,431415 | 0,971826 | 0,179744 | 0,999997 | 0,839412 |
| 7 | G1MP | 0 | 0,150605 | 0,211420 | 0,347993 | 0,890380 | 0,571055 | 0,381303 | | 0,996797 | 0,034576 | 0,006699 | 0,048586 | 0,000891 | 0,014818 | 0,000314 | 0,110218 | 0,004948 |
| 8 | G1MP | 1 | 0,806444 | 0,887637 | 0,967965 | 0,999999 | 0,997358 | 0,976888 | 0,996797 | | 0,396052 | 0,122738 | 0,483992 | 0,020041 | 0,224436 | 0,005275 | 0,719775 | 0,096035 |
| 9 | G2 | 0 | 0,999998 | 0,999955 | 0,998525 | 0,785974 | 0,977320 | 0,997433 | 0,034576 | 0,396052 | | 0,999998 | 1,000000 | 0,983769 | 1,000000 | 0,838990 | 1,000000 | 0,999985 |
| 10 | G2 | 1 | 0,992902 | 0,977632 | 0,911546 | 0,380548 | 0,737391 | 0,889869 | 0,006699 | 0,122738 | 0,999998 | | 0,999977 | 0,999980 | 1,000000 | 0,993364 | 0,997969 | 1,000000 |
| 11 | G2M1%MC | 0 | 1,000000 | 0,999996 | 0,999682 | 0,858106 | 0,990895 | 0,999375 | 0,048586 | 0,483992 | 1,000000 | 0,999977 | | 0,963584 | 1,000000 | 0,762860 | 1,000000 | 0,999874 |
| 12 | G2M1%MC | 1 | 0,763616 | 0,656004 | 0,468185 | 0,087214 | 0,267243 | 0,431415 | 0,000891 | 0,020041 | 0,983769 | 0,999980 | 0,963584 | | 0,998960 | 1,000000 | 0,843499 | 0,999998 |
| 13 | G2M2%MC | 0 | 0,999596 | 0,997588 | 0,979893 | 0,573207 | 0,891652 | 0,971826 | 0,014818 | 0,224436 | 1,000000 | 1,000000 | 1,000000 | 0,998960 | | 0,956924 | 0,999943 | 1,000000 |
| 14 | G2M2%MC | 1 | 0,434623 | 0,333904 | 0,201371 | 0,025959 | 0,096536 | 0,179744 | 0,000314 | 0,005275 | 0,838990 | 0,993364 | 0,762860 | 1,000000 | 0,956924 | | 0,530580 | 0,997413 |
| 15 | G2MP | 0 | 1,000000 | 1,000000 | 0,999999 | 0,969100 | 0,999695 | 0,999997 | 0,110218 | 0,719775 | 1,000000 | 0,997969 | 1,000000 | 0,843499 | 0,999943 | 0,530580 | | 0,994584 |
| 16 | G2MP | 1 | 0,984378 | 0,958561 | 0,866643 | 0,317316 | 0,665559 | 0,839412 | 0,004948 | 0,096035 | 0,999985 | 1,000000 | 0,999874 | 0,999998 | 1,000000 | 0,997413 | 0,994584 | |

Anexo VII – Tabela do teste de Tukey referente à variante tempo de fermentação

a) Dureza do miolo no dia 0

Tukey HSD test; variable Dureza(N)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} | {21} |
|----------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | G2F20 | 3,6293 | 3,5814 | 4,5881 | 3,8473 | 3,7384 | 3,8704 | 4,3309 | 3,9104 | 4,1920 | 3,6456 | 3,2199 | 3,9019 | 2,2747 | 3,6567 | 3,5649 | 4,8754 | 4,5750 | 4,3623 | 4,3773 | 4,9350 | 4,8520 |
| 2 | G2F30 | 1,0000 | | 0,8357 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9925 | 1,0000 | 0,9996 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2084 | 1,0000 | 1,0000 | 0,3580 | 0,8519 | 0,9874 | 0,9842 | 0,2698 | 0,3961 |
| 3 | G2F45 | 0,8357 | 0,7690 | | 0,9858 | 0,9406 | 0,9902 | 1,0000 | 0,9951 | 1,0000 | 0,8557 | 0,1930 | 0,9943 | 0,0001 | 0,8685 | 0,7434 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 4 | G2MGMSF20 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9858 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9982 | 1,0000 | 0,0505 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7357 | 0,9885 | 0,9999 | 0,9998 | 0,6348 | 0,7721 |
| 5 | G2MSSLF20 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9406 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9992 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 0,1079 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5465 | 0,9488 | 0,9984 | 0,9977 | 0,4406 | 0,5887 |
| 6 | G2MGMS/SSLF20 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9902 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9971 | 1,0000 | 0,0424 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7716 | 0,9921 | 1,0000 | 0,9999 | 0,6752 | 0,8055 |
| 7 | G2M1%MCF20 | 0,9925 | 0,9838 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9992 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9944 | 0,5933 | 1,0000 | 0,0006 | 0,9955 | 0,9794 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9989 | 0,9999 |
| 8 | G2M2%MCF20 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9951 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9939 | 1,0000 | 0,0311 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8278 | 0,9962 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7414 | 0,8569 |
| 9 | G2MPF20 | 0,9996 | 0,9988 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9998 | 0,8184 | 1,0000 | 0,0025 | 0,9998 | 0,9982 | 0,9946 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9853 | 0,9965 |
| 10 | G2MGMSF30 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8557 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9944 | 1,0000 | 0,9998 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,1902 | 1,0000 | 1,0000 | 0,3843 | 0,8707 | 0,9904 | 0,9877 | 0,2925 | 0,4236 |
| 11 | G2MGMSF45 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1930 | 0,9982 | 0,9999 | 0,9971 | 0,5933 | 0,9939 | 0,8184 | 1,0000 | | 0,9947 | 0,8526 | 1,0000 | 1,0000 | 0,0265 | 0,2077 | 0,5367 | 0,5097 | 0,0162 | 0,0320 |
| 12 | G2MSSLF30 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9943 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9947 | | | 0,0333 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8165 | 0,9955 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7277 | 0,8466 |
| 13 | G2MSSLF45 | 0,2084 | 0,2684 | 0,0001 | 0,0505 | 0,1079 | 0,0424 | 0,0006 | 0,0311 | 0,0025 | 0,1902 | 0,8526 | 0,0333 | | 0,1785 | 0,2915 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0005 | 0,0004 | 0,0000 | 0,0000 |
| 14 | G2MGMS/SSLF30 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8685 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9955 | 1,0000 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,1785 | | 1,0000 | 0,4028 | 0,8826 | 0,9920 | 0,9897 | 0,3087 | 0,4428 |
| 15 | G2MGMS/SSLF45 | 1,0000 | 1,0000 | 0,7434 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9794 | 1,0000 | 0,9982 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2915 | 1,0000 | | 0,2632 | 0,7638 | 0,9683 | 0,9616 | 0,1910 | 0,2958 |
| 16 | G2M1%MCF30 | 0,3580 | 0,2860 | 1,0000 | 0,7357 | 0,5465 | 0,7716 | 0,9998 | 0,8278 | 0,9946 | 0,3843 | 0,0265 | 0,8165 | 0,0000 | 0,4028 | 0,2632 | | 1,0000 | 0,9999 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 |
| 17 | G2M1%MCF45 | 0,8519 | 0,7885 | 1,0000 | 0,9885 | 0,9488 | 0,9921 | 1,0000 | 0,9962 | 1,0000 | 0,8707 | 0,2077 | 0,9955 | 0,0001 | 0,8826 | 0,7638 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 18 | G2M2%MCF30 | 0,9874 | 0,9746 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9984 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9904 | 0,5367 | 1,0000 | 0,0005 | 0,9920 | 0,9683 | 0,9999 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9995 | 1,0000 |
| 19 | G2M2%MCF45 | 0,9842 | 0,9689 | 1,0000 | 0,9998 | 0,9977 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9877 | 0,5097 | 1,0000 | 0,0004 | 0,9897 | 0,9616 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9997 | 1,0000 |
| 20 | G2MPF30 | 0,2698 | 0,2095 | 1,0000 | 0,6348 | 0,4406 | 0,6752 | 0,9989 | 0,7414 | 0,9853 | 0,2925 | 0,0162 | 0,7277 | 0,0000 | 0,3087 | 0,1910 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9995 | 0,9997 | | 1,0000 |
| 21 | G2MPF45 | 0,3961 | 0,3202 | 1,0000 | 0,7721 | 0,5887 | 0,8055 | 0,9999 | 0,8569 | 0,9965 | 0,4236 | 0,0320 | 0,8466 | 0,0000 | 0,4428 | 0,2958 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | |

b) Dureza da côdea no dia 0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} | {21} |
|----------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | G2F20 | 3,5817 | 3,0473 | 7,8620 | 7,9147 | 5,9657 | 6,3923 | 7,6107 | 6,2680 | 4,1297 | 3,6460 | 6,1483 | 5,0860 | 7,8357 | 7,7587 | 7,6440 | 8,4797 | 8,2043 | 8,3823 | 8,4073 | 3,8987 | 7,0867 |
| 2 | G2F30 | 1,0000 | | 0,3352 | 0,3150 | 0,9838 | 0,9255 | 0,4402 | 0,9492 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9664 | 1,0000 | 0,3455 | 0,3766 | 0,4255 | 0,1478 | 0,2181 | 0,1703 | 0,1643 | 1,0000 | 0,6831 |
| 3 | G2F45 | 0,3352 | 0,1669 | | 1,0000 | 0,9989 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,5773 | 0,3607 | 0,9997 | 0,9328 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4697 | 1,0000 |
| 4 | G2MGMSF20 | 0,3150 | 0,1546 | 1,0000 | | 0,9985 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9998 | 0,5525 | 0,3397 | 0,9996 | 0,9216 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4460 | 1,0000 |
| 5 | G2MGMSF30 | 0,9838 | 0,8999 | 0,9989 | 0,9985 | | 1,0000 | 0,9998 | 1,0000 | 0,9993 | 0,9879 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9991 | 0,9995 | 0,9998 | 0,9724 | 0,9918 | 0,9814 | 0,9793 | 0,9968 | 1,0000 |
| 6 | G2MGMSF45 | 0,9255 | 0,7529 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9907 | 0,9385 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9964 | 0,9994 | 0,9980 | 0,9976 | 0,9745 | 1,0000 |
| 7 | G2MSSLF20 | 0,4402 | 0,2360 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9998 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,6939 | 0,4691 | 1,0000 | 0,9713 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5869 | 1,0000 |
| 8 | G2MSSLF30 | 0,9492 | 0,8026 | 0,9999 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9952 | 0,9591 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9928 | 0,9986 | 0,9958 | 0,9951 | 0,9848 | 1,0000 |
| 9 | G2MSSLF45 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5773 | 0,5525 | 0,9993 | 0,9907 | 0,6939 | 0,9952 | | 1,0000 | 0,9976 | 1,0000 | 0,5897 | 0,6259 | 0,6788 | 0,3086 | 0,4201 | 0,3460 | 0,3362 | 1,0000 | 0,8896 |
| 10 | G2MGMS/SSLF20 | 1,0000 | 1,0000 | 0,3607 | 0,3397 | 0,9879 | 0,9385 | 0,4691 | 0,9591 | 1,0000 | | 0,9736 | 1,0000 | 0,3714 | 0,4037 | 0,4541 | 0,1624 | 0,2376 | 0,1865 | 0,1801 | 1,0000 | 0,7118 |
| 11 | G2MGMS/SSLF30 | 0,9664 | 0,8454 | 0,9997 | 0,9996 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9976 | 0,9736 | | 1,0000 | 0,9998 | 0,9999 | 1,0000 | 0,9872 | 0,9970 | 0,9920 | 0,9909 | 0,9913 | 1,0000 |
| 12 | G2MGMS/SSLF45 | 1,0000 | 0,9973 | 0,9328 | 0,9216 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9713 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9379 | 0,9514 | 0,9674 | 0,7323 | 0,8396 | 0,7729 | 0,7628 | 1,0000 | 0,9978 |
| 13 | G2M1%MCF20 | 0,3455 | 0,1733 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9991 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,5897 | 0,3714 | 0,9998 | 0,9379 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4819 | 1,0000 |
| 14 | G2M1%MCF30 | 0,3766 | 0,1932 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9995 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,6259 | 0,4037 | 0,9999 | 0,9514 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5174 | 1,0000 |
| 15 | G2M1%MCF45 | 0,4255 | 0,2258 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,6788 | 0,4541 | 1,0000 | 0,9674 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,5712 | 1,0000 |
| 16 | G2M2%MCF20 | 0,1478 | 0,0634 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9724 | 0,9964 | 1,0000 | 0,9928 | 0,3086 | 0,1624 | 0,9872 | 0,7323 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,2306 | 1,0000 |
| 17 | G2M2%MCF30 | 0,2181 | 0,0995 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9918 | 0,9994 | 1,0000 | 0,9986 | 0,4201 | 0,2376 | 0,9970 | 0,8396 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,3254 | 1,0000 |
| 18 | G2M2%MCF45 | 0,1703 | 0,0746 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9814 | 0,9980 | 1,0000 | 0,9958 | 0,3460 | 0,1865 | 0,9920 | 0,7729 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,2616 | 1,0000 |
| 19 | G2MPF20 | 0,1643 | 0,0715 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9793 | 0,9976 | 1,0000 | 0,9951 | 0,3362 | 0,1801 | 0,9909 | 0,7628 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | | 0,2534 | 1,0000 |
| 20 | G2MPF30 | 1,0000 | 1,0000 | 0,4697 | 0,4460 | 0,9968 | 0,9745 | 0,5869 | 0,9848 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9913 | 1,0000 | 0,4819 | 0,5174 | 0,5712 | 0,2306 | 0,3254 | 0,2616 | 0,2534 | | 0,8148 |
| 21 | G2MPF45 | 0,6831 | 0,4356 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8896 | 0,7118 | 1,0000 | 0,9978 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,8148 | |

c) Elasticidade do miolo no dia 0

Tukey HSD test; variable Elasticidade(%)_dia0

| Cell No. | Amostra | {1} | {2} | {3} | {4} | {5} | {6} | {7} | {8} | {9} | {10} | {11} | {12} | {13} | {14} | {15} | {16} | {17} | {18} | {19} | {20} | {21} |
|----------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 | G2F20 | 79,191 | 67,929 | 77,083 | 71,286 | 74,583 | 67,452 | 71,690 | 71,512 | 75,107 | 72,559 | 71,000 | 76,524 | 67,440 | 66,428 | 71,857 | 76,738 | 67,536 | 71,012 | 73,143 | 71,964 | 73,024 |
| 2 | G2F30 | 0,9530 | | 0,9955 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9980 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9972 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 3 | G2F45 | 1,0000 | 0,9955 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9915 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9914 | 0,9733 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9924 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 4 | G2MGMSF20 | 0,9994 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 5 | G2MSSLF20 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 0,9990 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 6 | G2MGMS/SSLF20 | 0,9305 | 1,0000 | 0,9915 | 1,0000 | 0,9999 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9996 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9960 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9946 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 7 | G2M1%MCF20 | 0,9997 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 8 | G2M2%MCF20 | 0,9996 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 9 | G2MPF20 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9996 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9996 | 0,9977 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9997 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 10 | G2MGMSF30 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 11 | G2MGMSF45 | 0,9990 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 12 | G2MSSLF30 | 1,0000 | 0,9980 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9960 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 0,9959 | 0,9853 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9964 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 13 | G2MSSLF45 | 0,9299 | 1,0000 | 0,9914 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9996 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9959 | | 1,0000 | 1,0000 | 0,9945 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 14 | G2MGMS/SSLF30 | 0,8592 | 1,0000 | 0,9733 | 1,0000 | 0,9990 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9977 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9853 | 1,0000 | | 1,0000 | 0,9814 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 |
| 15 | G2MGMS/SSLF45 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 16 | G2M1%MCF30 | 1,0000 | 0,9972 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9946 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9945 | 0,9814 | 1,0000 | | 0,9952 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 17 | G2M1%MCF45 | 0,9349 | 1,0000 | 0,9924 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9997 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9964 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9952 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 18 | G2M2%MCF30 | 0,9990 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 |
| 19 | G2M2%MCF45 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 0,9999 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 | 1,0000 |
| 20 | G2MPF30 | 0,9998 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | | 1,0000 |
| 21 | G2MPF45 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | 1,0000 | |